

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

To:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 01 May 2000 (01.05.00)	
International application No. PCT/JP99/01952	Applicant's or agent's file reference 98R00651/PCT
International filing date (day/month/year) 12 April 1999 (12.04.99)	Priority date (day/month/year) \odot 11 September 1998 (11.09.98)
Applicant TAKAHASHI, Koji et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:
06 April 2000 (06.04.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

BEST AVAILABLE COPY

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Diana Nissen
Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Telephone No.: (41-22) 338.83.38

THIS PAGE BLANK (USPTO)

00/786977

第 II 章

P C T

手 数 料 計 算 用 紙

国 際 予 備 審 査 請 求 書 の 附 属 書

<p>国際出願番号</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">PCT/JP99/01952</p> <hr/> <p>出願人又は代理人の登録番号</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">98R00651/PCT</p> <hr/> <p>出願人</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">シャープ株式会社</p>	<p style="text-align: center;">国際予備審査機関記入欄</p> <hr/> <p style="text-align: center;">国際予備審査機関の日付印</p>
---	--

所定の手数料の計算

<p>1. 特許協力条約に基づく国際出願等に関する法律（国内法） 第18条第1項第4号の規定による手数料 （予備審査請求料）（注1）</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">28, 000</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: center;">円 P</div>
<p>2. 取扱手数料（注2）.....</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">19, 600</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: center;">円 H</div>
<p>3. 所定の手数料の合計</p> <p>P及びHに記入した金額を加算し、合計額を合計に記入...</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">47, 600</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: center;">円</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">合 計</div>	

（注1） 法律第18条第1項第4号の規定による手数料については、特許申請をもって納付しなければならない。

（注2） 取扱手数料については、国際予備審査機関である日本国特許庁の長官が告示する国際事務局の口座への振り込みを証明する書面を提出することにより納付しなければならない。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

☐ 既に選任された代理人又は弁護の代表者に加えて、特に国際手続審判機関に対する手続費のために、今回新たに選任された者である。

加入信信看看！

模式PCT/РБА/4 1 (第2用紙) (1998年7月, 再版1999年1月)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

第VI条 付合書類

この国際予備審査請求書には、国際予備審査のために、第IVに記載する書類による 類が添付されている。

1. 国際出願の翻訳文.....
2. 特許協力条約第34条の規定に基づく補正書..... 6
3. 特許協力条約第34条の規定に基づく補正書.....
4. 特許協力条約第34条の規定に基づく補正書.....
5. 書面.....
6. その他（書類名を具体的に記載する）:

国際予備審査請求書の受領状況

受 領 未 受 領

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

この国際予備審査請求書には、さらに下記の書類が添付されている。

1. ☒ 手数料計算用紙
2. ☐ 明細の記載押印された委任状
3. ☐ 包括委任状の写し
4. ☐ 記名押印（署名）に関する説明書
5. ☐ 手数料の支払証明
6. ☐ その他（書類名を具体的に記載する）:

第VII条 出願者の記名押印

各人の氏名（名称）を記載し、その次に押印する。

山本 秀策



1. 国際予備審査請求書の実際の受領の日

2. 規則 80.1(b)の規定による国際予備審査請求書の受領の日の訂正後の日付

3. ☐ 優先日から19月を経過後の国際予備審査請求書の受領。ただし、以下の4、5の項目にはあてはまらない。 ☐ 出願人に通知した。

4. ☐ 規則 80.5により延長が認められている優先日から19月の期間内の国際予備審査請求書の受領

5. ☐ 優先日から19月を経過後の国際予備審査請求書の受領であるが規則82により認められる。

国際予備審査請求書の国際予備審査機関からの受領の日:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

特許協力条約に基づく国際出願
国際予備審査請求書

第 II 章

出願人は、次の国際出願が特許協力条約に従って国際予備審査の対象とされることを請求し、
選択費のある全ての国を選択する。ただし、特設の表示がある場合を除く。

国際予備審査機関の名称			請求書の受取の日		
名称 I 利用 出願人又は代理人の署名			出願人又は代理人の署名記号 98R00651/PCT		
国際出願番号 PCT/JP99/01952		国際出願日 (日, 月, 年) 12. 04. 99		優先日 (最先のもの) (日, 月, 年) 11. 09. 98	
発明の名称 化合物半導体層の形成方法および化合物半導体装置					
署名 II 利用 出願人					
氏名 (名称) 及びあて名: (姓・名の順に記載; 法人は正式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載) シャープ株式会社 SHARP KABUSHIKI KAISHA 〒545-8522 日本国大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 22-22, Nagaike-cho, Abeno-ku, Osaka-shi, Osaka 545-8522 Japan				電話番号: 06-6606-5495 ファクシミリ番号: 06-6606-5827 加入電信番号:	
国籍 (国名): 日本国 Japan			住所 (国名): 日本国 Japan		
氏名 (名称) 及びあて名: (姓・名の順に記載; 法人は正式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載) 高橋 幸司 TAKAHASHI Koji 〒632-0004 日本国奈良県天理市機本町2613-1 ラポール天理850 850, Raport Tenri, 2613-1, Ichinomotocho, Tenri-shi, Nara 632-0004 Japan					
国籍 (国名): 日本国 Japan			住所 (国名): 日本国 Japan		
氏名 (名称) 及びあて名: (姓・名の順に記載; 法人は正式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載) 河西 秀典 KAWANISHI Hidenori 〒631-0804 日本国奈良県奈良市神功6-6-1 ナチュラガーデン高の原 3-413 3-413, Nachuragaden Takanohara, 6-6-1, Jingu, Nara-shi, Nara 631-0804 Japan					
国籍 (国名): 日本国 Japan			住所 (国名): 日本国 Japan		
<input type="checkbox"/> その他の出願人が続列に開示されている。					

THIS PAGE BLANK (USPTO)

特許協力条約に基づく国際出願願書(願 付属
書-手数料計算用紙)

98R00651/PCT

原本(出願用) - 印刷日時 1999年04月09日 (09.04.1999) 金曜日 13時04分04秒

[この用紙は、国際出願の一部を構成せず、国際出願の用紙の枚数に算入しない]

0	受理官庁記入欄	
0-1	国際出願番号	
0-2	受理官庁の日付印	
0-4	(付属書) この特許協力条約に基づく 国際出願願書付属書(様式 - PCT/R0/101(Annex))は、 右記によって作成された。	PCT-EASY Version 2.83 (updated 01.03.1999)
0-4-1	出願人又は代理人の書類記 号	98R00651/PCT
1	出願人	シャープ株式会社
12	所定の手数料の計算	金額/枚数 小計 (JPY)
12-1	送付手数料 T	⇒ 18,000
12-2	調査手数料 S	⇒ 77,000
12-3	国際手数料 基本手数料 (最初の30枚まで) b1	54,800
12-4	30枚を超える用紙の枚数	16
12-5	用紙1枚の手数料 (X)	1,300
12-6	合計の手数料 b2	20,800
12-7	b1 + b2 = B	75,600
12-8	指定手数料 国際出願に含まれる指定国 数	3
12-9	支払うべき指定手数料の数 (上限は100)	3
12-10	1指定当たりの手数料 (X)	12,600
12-11	合計の指定手数料 D	37,800
12-12	PCT-EASYによる料金の 減額 R	-16,900
12-13	国際手数料の合計 (B+D-R) I	⇒ 96,500
12-14	納付するべき手数料の合計 (T+S+I+P)	⇒ 191,500
12-15	支払方法	送付手数料: 特許印紙 調査手数料: 特許印紙 国際手数料: 銀行口座への振込み 優先権証明書請求手数料: 特許印紙

BASYによるチェック結果と出願人による言及

13-1-1	BASYによるチェック結果 指定国	Green? より多くの指定が可能です。確認してください。
13-1-2	BASYによるチェック結果 内訳	Yellow! すべての出願人が願書に署名(記名押印)をしない 限り、委任状又は包括委任状の写しを添付する必 要性があります。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

特許協力条約に基づく国際出願願 (願書付属
書一手数料計算用紙)

98R00651/PCT

原本 (出願用) - 印刷日時 1999年04月09日 (09.04.1999) 金曜日 13時04分04秒

		Green? 照約書とともに提示する図の番号が示されていま せん。
		Green? 優先権の主張 1: 優先権証明書が添付されていません。(優先権主 張日から16ヶ月以内に提出しなければなりません 。)
13-2-10	EASYによるチェック結果 受理官庁/国際事務局記入 欄	Green? この願書を作成したPCT-EASYは英語版ないし西欧 言語版以外のWindows上で動作しています。ASCII 文字以外の文字について、願書と電子データを注 意して比較してください。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

特許協力条約に基づく国際出願願書

原本(出願用) - 印刷日時 1999年04月09日 (09.04.1999) 金曜日 13時04分04秒

98R00651/PCT

V	国の指定		
V-1	広域特許 (他の種類の保護又は取扱いを 求める場合には括弧内に記載す る。)	EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE 及びヨーロッパ特許条約と特許協力条約の締約国 である他の国	
V-2	国内特許 (他の種類の保護又は取扱いを 求める場合には括弧内に記載す る。)	KR US	
V-3	指定の確認の宣言 出願人は、上記の指定に加えて 、規則4.9(b)の規定に基づき、 特許協力条約のもとで認められ る他の全ての国の指定を行う。 ただし、V-6欄に示した国の指 定を除く。出願人は、これらの 追加される指定が確認を条件と していること、並びに優先日か ら15月が経過する前にその確認 がなされない指定は、この期間 の経過時に、出願人によって取 り下げられたものとみなされる ことを宣言する。		
V-4	指定の確認から除かれる国	なし (NONE)	
VI-1	先の国内出願に基づく優先 権主張		
VI-1-1	先の出願日	1998年09月11日 (11.09.1998)	
VI-1-2	先の出願番号	平成10年特許願第259015号	
VI-1-3	国名	日本国 JP	
VII-1	待定された国際調査機関(ISA)	日本国特許庁 (ISA/JP)	
VIII	照合欄	用紙の枚数	添付された電子データ
VIII-1	願書	4	-
VIII-2	明細書	26	-
VIII-3	請求の範囲	6	-
VIII-4	要約	1	98651.txt
VIII-5	図面	9	-
VIII-7	合計	46	
VIII-8	添付書類	添付	添付された電子データ
VIII-8	手数料計算用紙	✓	-
VIII-16	PCT-EASYディスク	-	フレキシブルディスク
VIII-18	要約書とともに提示する図 の番号		
VIII-19	国際出願の使用言語名:	日本語 (Japanese)	
IX-1	提出者の記名押印		
IX-1-1	氏名(姓名)	山本 秀策	

受理官庁記入欄

10-1	国際出願として提出された 書類の実際の受理の日	
10-2	図面:	
10-2-1	受理された	
10-2-2	不足図面がある	

THIS PAGE BLANK (USPTO)

特許協力条約に基づく国際出願願書

98R00651/PCT

原本（出願用） - 印刷日時 1999年04月09日（09.04.1999）金曜日 13時04分04秒

10-3	国際出願として提出された書類を補完する書類又は図面を提出した日（訂正日）	
10-4	特許協力条約第11条(2)に基づき必要な補完の期間内の受理の日	
10-5	出願人により特定された国際調査機関	ISA/JP
10-6	調査手数料未払いにつき、国際調査機関に調査用写しを送付していない	

国際事務局記入欄

11-1	記録原本の受理の日	
------	-----------	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

特許協力条約に基づく国際出願願書

原本(出願用) - 印刷日時 1999年04月09日 (09.04.1999) 金曜日 13時04分04秒

98R00651/PCT

III-1 III-1-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only)
III-1-2	右の指定国についての出願人である。	
III-1-4ja III-1-4en III-1-5ja	氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	高橋 幸司 TAKAHASHI, Koji 632-0004 日本国 奈良県 天理市樺本町 2 6 1 3 - 1 ラポール天理 8 5 0 850, Raport Tenri, 2613-1, Ichinomotocho Tenri-shi, Nara 632-0004 Japan
III-1-5en	Address:	日本国 JP
III-1-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-1-7	住所(国名)	日本国 JP
III-2 III-2-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only)
III-2-2	右の指定国についての出願人である。	
III-2-4ja III-2-4en III-2-5ja	氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	河西 秀典 KAWANISHI, Hidenori 631-0804 日本国 奈良県 奈良市神功 6 - 6 - 1 ナチュラガーデン高の原 3 - 4 1 3 3-413, Nachuragaden Takanohara, 6-6-1, Jingu Nara-shi, Nara 631-0804 Japan
III-2-5en	Address:	日本国 JP
III-2-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-2-7	住所(国名)	日本国 JP
IV-1 IV-1-1ja IV-1-1en IV-1-2ja	代理人又は共通の代表者、 通知のあて名 下記の者は国際機関において右 記のごとく出願人のために行動 する。 氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	代理人 (agent) 山本 秀策 YAMAMOTO, Shusaku 540-6015 日本国 大阪府 大阪市中央区 城見一丁目2番27号 クリスタルタワー15階 Fifteenth Floor, Crystal Tower, 2-27, Shiromi 1-chome, Chuo-ku Osaka-shi, Osaka 540-6015 Japan
IV-1-2en	Address:	06-6949-3910
IV-1-3	電話番号	06-6949-3915
IV-1-4	ファクシミリ番号	

THIS PAGE BLANK (USPTO)

特許協力条約に基づく国際出願願書

98R00651/PCT

原本(出願用) - 印刷日時 1999年04月09日 (09.04.1999) 金曜日 13時04分04秒

0	受理官庁記入欄	
0-1	国際出願番号	
0-2	国際出願日	
0-3	(受付印)	
0-4	この特許協力条約に基づく 国際出願願書(様式 - PCT/RO/101)は、 右記によって作成された。	PCT-EASY Version 2.83 (updated 01.03.1999)
0-5	申立て 出願人は、この国際出願が特許 協力条約に従って処理されるこ とを請求する。	
0-6	出願人によって指定された 受理官庁	日本国特許庁 (RO/JP)
0-7	出願人又は代理人の書類記 号	98R00651/PCT
I	発明の名称	化合物半導体層の形成方法および化合物半導体装 置
II	出願人	出願人である (applicant only)
II-1	この欄に記載した者は	米国を除くすべての指定国 (all designated
II-2	右の指定国についての出願人で ある。	States except US)
II-4)a	名称	シャープ株式会社
II-4en	Name	SHARP KABUSHIKI KAISHA
II-5)a	あて名:	545-8522 日本国 大阪府 大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号
II-5en	Address:	22-22, Nagaike-cho, Abeno-ku Osaka-shi, Osaka 545-8522 Japan
II-6	国籍(国名)	日本国 JP
II-7	住所(国名)	日本国 JP
II-8	電話番号	06-6606-6495
II-9	ファクシミリ番号	06-6606-5827

THIS PAGE BLANK (USPTO)

AMENDMENT

(Amendment under Section 11 of the Japanese Law Concerning
International Applications, Etc. Pursuant to the Patent
Cooperation Treaty)

To: Commissioner of the Japanese Patent Office

1. Identification of International Application

PCT/JP99/01952

2. Applicant

Name: SHARP KABUSHIKI KAISHA

Address: 22-22, Nagaike-cho, Abeno-ku, Osaka-shi,
Osaka 545-8522 Japan

Nationality: Japan

Residence: Japan

3. Agent

Name: 7828 YAMAMOTO Shusaku

Address: Fifteenth Floor, Crystal Tower,
2-27, Shiromi 1-chome, Chuo-ku, Osaka-shi,
Osaka 540-6015 Japan

4. Item to be Amended

Claims

5. Amendments

(1) In claim 1 (page 27), lines 4 to 6: "includes the step of supplying a nitrogen source material to the single crystal substrate so that the nitrogen source material interacts with aluminum at least on a crystal growth surface of the compound semiconductor layer." is amended into "includes the step of supplying an aluminum source material to the single crystal substrate concurrently with a nitrogen source material."

(2) In claim 10 (page 28), lines 4 to 5: "includes the step of supplying an aluminum source material to the single crystal substrate concurrently with a nitrogen source material." is amended into "includes the step of supplying a nitrogen source material to the single crystal substrate so that the nitrogen source material interacts with aluminum at least on a crystal growth surface of the compound semiconductor layer."

(3) In claim 30 (page 32), lines 1 to 4: "30. A compound

1. The first part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

2. The second part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

3. The third part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

4. The fourth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

5. The fifth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

6. The sixth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

7. The seventh part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

8. The eighth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

9. The ninth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

10. The tenth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

11. The eleventh part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

12. The twelfth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

13. The thirteenth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

14. The fourteenth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

15. The fifteenth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

16. The sixteenth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

17. The seventeenth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

18. The eighteenth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

19. The nineteenth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

20. The twentieth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

21. The twenty-first part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

22. The twenty-second part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

23. The twenty-third part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

24. The twenty-fourth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

25. The twenty-fifth part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

semiconductor light emitting device, comprising a group III-V compound semiconductor layer containing at least nitrogen and arsenic as group V elements, the compound semiconductor light emitting device including a light emission layer formed of $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}_z\text{As}_{1-z}$, ($0 < x, y, z < 1$), wherein an Al-mix crystal ratio x in the light emission layer is 0.02 or higher and 0.20 or lower." is amended into "30. A compound semiconductor apparatus, comprising at least one group III-V compound semiconductor layer containing at least aluminum as a group III element and containing at least nitrogen and arsenic as group V elements."

(4) In claim 31 (page 32), lines 1 to 3: "31. A compound semiconductor light emitting device according to claim 30, further comprising a cladding layer, a guide layer and/or a barrier layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$, ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$)." is amended into: "31. A compound semiconductor apparatus according to claim 30, wherein the compound semiconductor apparatus is a light emitting device including at least a light emitting layer, and the light emitting layer includes the compound semiconductor layer."



1

(5) Claims 32 and 33 are added after claim 31 (page 32):

"32. A compound semiconductor apparatus according to claim 31, wherein the light emitting layer is formed of $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}_z\text{As}_{1-z}$ ($0 < x, y, z < 1$), wherein an Al-mix crystal ratio x in the light emitting layer is 0.02 or higher and 0.20 or lower.

33. A compound semiconductor apparatus according to claim 31 or 32, wherein the light emitting device further includes a cladding layer, a guide layer and/or a barrier layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ ($h \geq 0, i > 0, j \geq 0$)."

6. List of Attached Documents

Substitute pages 27, 28 and 32 of the "CLAIMS".

One of each

*Translation note: The number of the pages are of the Japanese application.

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

Journal of Management Education 36(1)

CLAIMS

1. A method for forming a compound semiconductor layer, comprising the step of crystal-growing a group III-V
5 compound semiconductor layer containing at least nitrogen and arsenic as group V elements on a single crystal substrate.

wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer includes the step of supplying a
10 nitrogen source material to the single crystal substrate so that the nitrogen source material interacts with aluminum at least on a crystal growth surface of the compound semiconductor layer.

- 15 2. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 1, wherein an aluminum-mix crystal ratio in a group III element in the compound semiconductor layer is 0.02 or higher.

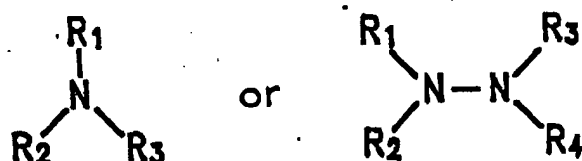
- 20 3. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 1, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer is performed at a temperature of the single crystal substrate in the range of 500°C or higher and 750°C or lower.

10

11

4. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 1, wherein the nitrogen source material contains

5



10

where R_1 , R_2 , R_3 and R_4 are hydrogen or a lower alkyl group.

5. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 1, wherein more than 0% and less than 50% of the crystal growth surface of the compound semiconductor layer is covered with group V atoms.

6. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 1, further comprising the step of crystal-growing a layer formed of $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$) on the single crystal substrate, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer and the step of growing the crystal formed of $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ are performed at the same temperature.



7. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 6, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer is performed after the
5 step of crystal-growing the layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$.

8. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 6, wherein the step of crystal-growing
10 the compound semiconductor layer is performed before the step of crystal-growing the layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$.

9. A method for forming a compound semiconductor layer
15 according to claim 1, wherein the compound semiconductor layer further contains indium.

10. A method for forming a compound semiconductor layer, comprising the step of crystal-growing a group III-V
20 compound semiconductor layer containing at least nitrogen and arsenic as group V elements on a single crystal substrate,

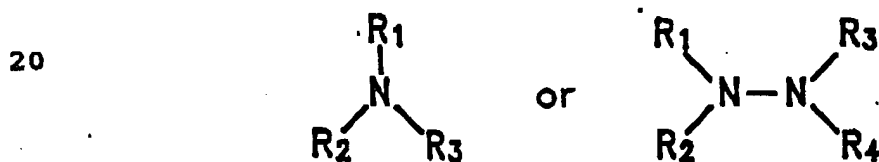
wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer includes the step of supplying an

aluminum source material to the single crystal substrate concurrently with a nitrogen source material.

11. A method for forming a compound semiconductor layer
5 according to claim 10, wherein an aluminum-mix crystal ratio in a group III element in the compound semiconductor layer is 0.02 or higher.

12. A method for forming a compound semiconductor layer
10 according to claim 10, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer is performed at a temperature of the single crystal substrate in the range of 500°C or higher and 750°C or lower.

15 13. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 10, wherein the nitrogen source material contains



where R_1 , R_2 , R_3 and R_4 are hydrogen or a lower alkyl group.

14. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 10, wherein more than 0% and less than 50% of the crystal growth surface of the compound semiconductor layer is covered with group V atoms.

15. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 10, further comprising the step of crystal-growing a layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$, ($h \geq 0, i > 0, j \geq 0$) on the single crystal substrate, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer and the step of growing the crystal formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ are performed at the same temperature.

16. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 15, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer is performed after the step of crystal-growing the layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$.

17. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 15, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer is performed before the step of crystal-growing the layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$.

$\text{As}_x\text{P}_{1-x}$.

18. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 10, wherein the compound semiconductor
5 layer further contains indium.

19. A method for forming a compound semiconductor layer, comprising the step of crystal-growing a group III-V compound semiconductor layer containing at least nitrogen
10 and arsenic as group V elements on a single crystal substrate,

wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer includes the step of supplying a nitrogen source material to a crystal surface of the
15 compound semiconductor layer in a state where the group III atoms containing aluminum are exposed to the crystal surface.

20. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 19, wherein an aluminum-mix crystal ratio in a group III element in the compound semiconductor layer is 0.02 or higher.

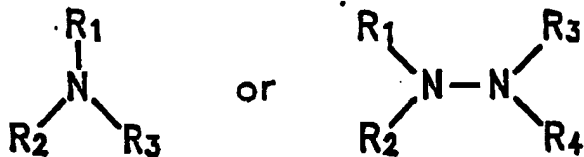
21. A method for forming a compound semiconductor layer

according to claim 19, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer is performed at a temperature of the single crystal substrate in the range of 500°C or higher and 750°C or lower.

5

22. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 19, wherein the nitrogen source material contains

10



15 where R_1 , R_2 , R_3 , and R_4 are hydrogen or a lower alkyl group.

23. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 19, wherein more than 0% and less than 50% of the crystal growth surface of the compound
20 semiconductor layer is covered with group V atoms.

24. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 19, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer further includes the

step of supplying a group III source material containing aluminum and the step of supplying an arsenic source material, wherein a process sequentially including the step of supplying the group III source material, the step
5 of supplying the nitrogen source material, and the step of supplying the arsenic source material is performed at least once.

25. A method for forming a compound semiconductor layer
10 according to claim 24, wherein the single crystal substrate has a {100} plane as a principal plane.

26. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 19, further comprising the step of
15 crystal-growing a layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$, ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$) on the single crystal substrate, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer and the step of growing the crystal formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ are performed at the same temperature.

20

27. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 26, wherein the step of crystal-growing the compound semiconductor layer is performed after the step of crystal-growing the layer formed of $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}$

—

$\text{As}_x\text{P}_{1-x}$.

28. A method for forming a compound semiconductor layer according to claim 26, wherein the step of crystal-growing
5 the compound semiconductor layer is performed before the step of crystal-growing the layer formed of $\text{Al}_n\text{Ga}_1\text{In}_{1-n-x}\text{As}_x\text{P}_{1-x}$.

29. A method for forming a compound semiconductor layer
10 according to claim 19, wherein the compound semiconductor layer further contains indium.

30. A compound semiconductor light emitting device, comprising a group III-V compound semiconductor layer
15 containing at least nitrogen and arsenic as group V elements, the compound semiconductor light emitting device including a light emission layer formed of $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}_z\text{As}_{1-z}$ ($0 < x, y, z < 1$), wherein an Al-mix crystal ratio in the light emission layer is 0.02 or higher
20 and 0.20 or lower.

31. A compound semiconductor light emitting device according to claim 30, further comprising a cladding layer, a guide layer and/or a barrier layer formed of

$\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ ($h \geq 0, i > 0, j \geq 0$).

1. The first part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee.

2.

3. The second part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee.

4. The third part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee.

5. The fourth part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee.

00/786977

REC'D 15 DEC 2000

WIPO

PCT

PCT

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)

[PCT36条及びPCT規則70]

出願人又は代理人 の書類記号 98R00651/PCT	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知（様式PCT/ IPEA/416）を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP99/01952	国際出願日 (日.月.年) 12.04.99	優先日 (日.月.年) 11.09.98
国際特許分類 (IPC) Int. Cl. ⁶ H01L21/205, H01L33/00		
出願人 (氏名又は名称) シャープ株式会社		

- 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条 (PCT36条) の規定に従い送付する。
- この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。
☒ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面も添付されている。
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)
この附属書類は、全部で 3 ページである。
- この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
 - ☒ 国際予備審査報告の基礎
 - ☐ 優先権
 - ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
 - ☐ 発明の単一性の欠如
 - ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
 - ☐ ある種の引用文献
 - ☐ 国際出願の不備
 - ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 06.04.00	国際予備審査報告を作成した日 01.12.00	
名称及びあて先 日本国特許庁 (IPEA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 加藤 浩一 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	4R 8617

THIS PAGE BLANK (USPTO)

I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に
 応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。
 PCT規則70.16, 70.17)

☐ 出願時の国際出願書類

- | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|---|------------|--------|----------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | 明細書 | 第 | 1-26 | ページ、 | 出願時に提出されたもの |
| | 明細書 | 第 | | ページ、 | 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの |
| | 明細書 | 第 | | ページ、 | 付の書簡と共に提出されたもの |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 請求の範囲 | 第 | 2-9、11-29 | 項、 | 出願時に提出されたもの |
| | 請求の範囲 | 第 | | 項、 | PCT19条の規定に基づき補正されたもの |
| | 請求の範囲 | 第 | 1、10、30-33 | 項、 | 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの |
| | 請求の範囲 | 第 | | 項、 | 付の書簡と共に提出されたもの |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 図面 | 第 | 1-9 | ページ/図、 | 出願時に提出されたもの |
| | 図面 | 第 | | ページ/図、 | 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの |
| | 図面 | 第 | | ページ/図、 | 付の書簡と共に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> | 明細書の配列表の部分 | 第 | | ページ、 | 出願時に提出されたもの |
| | 明細書の配列表の部分 | 第 | | ページ、 | 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの |
| | 明細書の配列表の部分 | 第 | | ページ、 | 付の書簡と共に提出されたもの |

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である _____ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語
- ☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語
- ☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表
- ☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
- ☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表
- ☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
- ☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった
- ☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

- ☐ 明細書 第 _____ ページ
- ☐ 請求の範囲 第 _____ 項
- ☐ 図面 図面の第 _____ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならない、本報告に添付する。)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性(N)

請求の範囲 1-33

有

請求の範囲

無

進歩性(IS)

請求の範囲 1-33

有

請求の範囲

無

産業上の利用可能性(IA)

請求の範囲 1-33

有

請求の範囲

無

2. 文献及び説明(PCT規則70.7)

文献1: JP、09-205254、A (三菱電機株式会社) 5. 8月. 1997

文献2: JP、07-263744、A (シャープ株式会社) 13. 10月. 1995

文献3: JP、09-283857、A (株式会社リコー) 31. 10月. 1997

請求の範囲 1-33

請求の範囲 1-33に記載された発明は、国際調査報告で引用された文献1-3に対して進歩性を有する。

文献1-3には、窒素原料とともにアルミニウム原料を同時に単結晶基板上に供給する工程が記載されておらず、しかもその点は当業者といえども容易に想到し得ないものである。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

請求の範囲

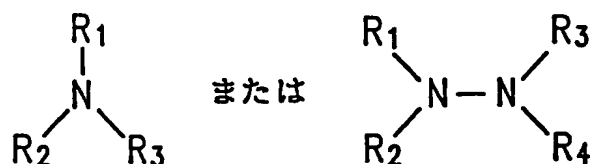
1. (補正後) 単結晶基板上に、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を包含し、該化合物半導体層を結晶成長させる工程が、

窒素原料とともにアルミニウム原料を同時に該単結晶基板上に供給する工程を包含する、化合物半導体層の形成方法。

2. 前記化合物半導体層におけるIII族元素中のアルミニウムの混晶比は0.02以上である、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

3. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程は、前記単結晶基板の温度が500℃以上、750℃以下の範囲内で行われる、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

4. 前記窒素原料は、



を含み、ここで、 R_1 、 R_2 、 R_3 、および R_4 は水素または低級アルキル基である、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

5. 前記化合物半導体層の結晶成長表面におけるV族原子の被覆率は0%より大

THIS PAGE BLANK (USPTO)

きく、50%未満である、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

6. 前記単結晶基板上に $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$) からなる層を結晶成長させる工程をさらに包含し、前記化合物半導体層を結晶成長させる工程と、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる結晶を成長させる工程とが、同じ温度下で行われる、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

7. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の後に行われる、請求項6に記載の化合物半導体層の形成方法。

8. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の前に行われる、請求項6に記載の化合物半導体層の形成方法。

9. 前記化合物半導体層がインジウムをさらに含む、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

10. (補正後) 単結晶基板上に、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を包含し、該化合物半導体層を結晶成長させる工程が、

窒素原料がアルミニウムと、少なくとも該化合物半導体層の結晶成長表面で相互作用するように、該単結晶基板上に窒素原料を供給する工程を包含する、化合物半導体層の形成方法。

11. 前記化合物半導体層におけるIII族元素中のアルミニウムの混晶比は0.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

As_jP_{1-j} からなる層を結晶成長させる工程の前に行われる、請求項 26 に記載の化合物半導体層の形成方法。

29. 前記化合物半導体層がインジウムをさらに含む、請求項 19 に記載の化合物半導体層の形成方法。

30. (補正後) III 族元素として少なくともアルミニウムを含み、かつ V 族元素として少なくとも窒素および砒素を含む III-V 族化合物半導体層を少なくとも 1 層含んでなる、化合物半導体装置。

31. (補正後) 前記化合物半導体装置は少なくとも発光層を有する発光素子であり、該発光層が前記化合物半導体層を含む、請求項 30 に記載の化合物半導体装置。

32. (追加) 前記発光層は、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N_zAs_{1-z}$ ($0 < x, y, z < 1$) からなり、該発光層における Al の混晶比 x は、0.02 以上、0.20 以下である、請求項 31 に記載の化合物半導体装置。

33. (追加) 前記発光素子は、 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0, i > 0, j \geq 0$) からなるクラッド層、ガイド層、および／または障壁層をさらに有する、請求項 31 または 32 に記載の化合物半導体装置。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

EP



国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第40、41条)
[PCT 18 条、PCT 規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 98R00651/PCT	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220) 及び下記 5 を参照すること。	
国際出願番号 PCT/J P 99/01952	国際出願日 (日.月.年) 12.04.99	優先日 (日.月.年) 11.09.98
出願人 (氏名又は名称) シャープ株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条 (PCT 18 条) の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない (第 I 欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している (第 II 欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第 III 欄に示されているように、法施行規則第47条 (PCT 規則38.2(b)) の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から 1 カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☐ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☒ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ H01L21/205, H01L33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ H01L21/205, H01L33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-1999年

日本国登録実用新案公報 1994-1999年

日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 09-205254, A (三菱電機株式会社) 5. 8月. 1997 (05. 08. 97) 全文献&DE, 19631132, A&GB, 2309582, A	1-31
A	J P, 07-263744, A (シャープ株式会社) 13. 10 月. 1995 (13. 10. 95) 全文献 (ファミリなし)	1-31
A	J P, 09-283857, A (株式会社リコー) 31. 10 月. 1997 (31. 10. 97) 全文献&US, 590459 7, A	1-31

☐ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09. 08. 99

国際調査報告の発送日

17.08.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

増山 剛

4 R

7726

電話番号 03-3581-1101 内線 3470

THIS PAGE BLANK (USPTO)



P.B.5818 - Patentlaan
2280 HV Rijswijk (ZH)
☎ +31 70 340 2040
TX 31651 epo nl
FAX +31 70 340 3016

Europäisches
Patentamt

Zweigstelle
in Den Haag
Recherchen-
abteilung

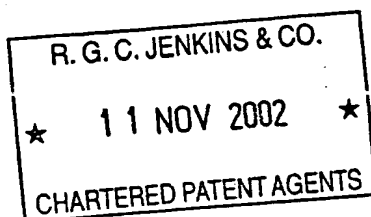
European
Patent Office

Branch at
The Hague
Search
division

Office européen
des brevets

Département à
La Haye
Division de la
recherche

West, Alan Harry
R.G.C. Jenkins & Co.
26 Caxton Street
London SW1H 0RJ
GRANDE BRETAGNE



COPY

Datum/Date

11.11.02

Zeichen/Ref./Réf. AHW/J.43180	Anmeldung Nr./Application No./Demande n°/Patent Nr./Patent No./Brevet n°. 99913643.5-1215-JP9901952
Anmelder/Applicant/Demandeur/Patentinhaber/Proprietor/Titulaire SHARP KABUSHIKI KAISHA	

COMMUNICATION

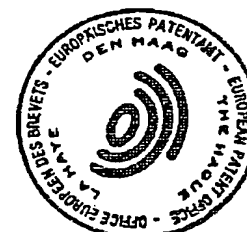
The European Patent Office herewith transmits as an enclosure the European search report for the above-mentioned European patent application.

If applicable, copies of the documents cited in the European search report are attached.

☒ Additional set(s) of copies of the documents cited in the European search report is (are) enclosed as well.

REFUND OF THE SEARCH FEE

If applicable under Article 10 Rules relating to fees, a separate communication from the Receiving Section on the refund of the search fee will be sent later.



Y900

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
P,X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 04, 30 April 1999 (1999-04-30) & JP 11 017284 A (SHARP CORP), 22 January 1999 (1999-01-22) * abstract *	1-17 -	H01L21/205 H01L33/00 C30B25/02 C30B23/02
A	MENDOZA-DIAZ G ET AL: "Feasibility of the synthesis of AlAsN and GaAsN films by plasma-source molecular-beam epitaxy" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 178, no. 1-2, 1 June 1997 (1997-06-01), pages 45-55, XP004084974 ISSN: 0022-0248 * the whole document *	1,2	
A	SAKAI S ET AL: "GROWTH OF INNAs ON GAAS(1 0 0) SUBSTRATES BY MOLECULAR-BEAM EPITAXY" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 189/190, 2 June 1998 (1998-06-02), pages 471-475, XP000667770 ISSN: 0022-0248		TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7) C30B H01L
A	UESUGI K ET AL: "METALORGANIC MOLECULAR BEAM EPITAXY OF GANAS ALLOYS ON (0 0 1) GAAS" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 189/190, 2 June 1998 (1998-06-02), pages 490-495, XP000667772 ISSN: 0022-0248 --- -/--		
The supplementary search report has been based on the last set of claims valid and available at the start of the search.			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 1 November 2002	Examiner Cook, S
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document			

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.CI.7)
A	QIU Y ET AL: "METALORGANIC MOLECULAR BEAM EPITAXY OF GAASN WITH DIMETHYLHYDRAZINE" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 72, no. 16, 20 April 1998 (1998-04-20), pages 1999-2001, XP000742335 ISSN: 0003-6951	-	
A	US 5 587 014 A (IYECHIKA YASUSHI ET AL) 24 December 1996 (1996-12-24)		
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.CI.7)
The supplementary search report has been based on the last set of claims valid and available at the start of the search.			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 1 November 2002	Examiner Cook, S
<p>CATEGORY OF CITED DOCUMENTS</p> <p>X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document</p> <p>T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document</p>			

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C04)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.

EP 99 91 3643

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

01-11-2002

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 11017284	A	22-01-1999	NONE	
US 5587014	A	24-12-1996	JP 8213326 A	20-08-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/01952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.C1⁶ H01L21/205, H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.C1⁶ H01L21/205, H01L33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 09-205254, A (Mitsubishi Electric Corp.), 5 August, 1997 (05. 08. 97), All references & DE, 19631132, A & GB, 2309582, A	1-31
A	JP, 07-263744, A (Sharp Corp.), 13 October, 1995 (13. 10. 95), All references (Family: none)	1-31
A	JP, 09-283857, A (Ricoh Co., Ltd.), 31 October, 1997 (31. 10. 97), All references & US, 5904597, A	1-31

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
9 August, 1999 (09. 08. 99)

Date of mailing of the international search report
17 August, 1999 (17. 08. 99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

Docket No. 299002052200
U.S. Serial No. 09/786,977

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁶ H01L21/205, H01L33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁶ H01L21/205, H01L33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-1999年
 日本国登録実用新案公報 1994-1999年
 日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 09-205254, A (三菱電機株式会社) 5. 8月. 1997 (05. 08. 97) 全文献&DE, 19631132, A&GB, 2309582, A	1-31
A	JP, 07-263744, A (シャープ株式会社) 13. 10 月. 1995 (13. 10. 95) 全文献 (ファミリーなし)	1-31
A	JP, 09-283857, A (株式会社リコー) 31. 10 月. 1997 (31. 10. 97) 全文献&US, 590459 7, A	1-31

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09. 08. 99

国際調査報告の発送日

17.08.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

増山 剛

印

4 R

7726

電話番号 03-3581-1101 内線 3470

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

RECEIVED

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

TUG - 6 2001

(PCT Article 36 and Rule 70)

TECHNOLOGY CENTER 2800

Applicant's or agent's file reference 98R00651/PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/JP99/01952	International filing date (day/month/year) 12 April 1999 (12.04.99)	Priority date (day/month/year) 11 September 1998 (11.09.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01L 21/205, 33/00		
Applicant SHARP KABUSHIKI KAISHA		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>3</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 06 April 2000 (06.04.00)	Date of completion of this report 01 December 2000 (01.12.2000)
Name and mailing address of the IPEA/JP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP99/01952

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages 1-26, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
pages 2-9,11-29, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages 1,10,30-33, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the drawings:
pages 1-9, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP99/01952

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-33	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-33	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-33	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Document 1: JP, 09-205254, A (Mitsubishi Electric Corporation), 5 August, 1997

Document 2: JP, 07-263744, A (Sharp Corporation), 13 October, 1995

Document 3: JP, 09-283857, A (Ricoh Company, Ltd.), 31 October, 1997

Claims 1-33

The subject matter of claims 1-33 is considered to involve an inventive step when compared with documents 1-3 cited in the ISR.

The process in which a nitrogen feedstock and an aluminum feedstock are simultaneously fed onto the single crystal substrate is neither disclosed in any of documents 1-3, nor is it considered that it could easily be conceived of by a person skilled in the art.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6
H01L 21/205, 33/00

A1

(11) 国際公開番号

WO00/16383

(43) 国際公開日

2000年3月23日(23.03.00)

(21) 国際出願番号

PCT/JP99/01952

(22) 国際出願日

1999年4月12日(12.04.99)

(30) 優先権データ

特願平10/259015

1998年9月11日(11.09.98)

JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP]

〒545-8522 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 Osaka, (JP)

(72) 発明者 ; および

(75) 発明者 / 出願人 (米国についてののみ)

高橋幸司(TAKAHASHI, Koji)[JP/JP]

〒632-0004 奈良県天理市櫛本町2613-1

ラポール天理850 Nara, (JP)

河西秀典(KAWANISHI, Hidenori)[JP/JP]

〒631-0804 奈良県奈良市神功6-6-1

ナチュラガーデン高の原3-413 Nara, (JP)

(74) 代理人

山本秀策(YAMAMOTO, Shusaku)

〒540-6015 大阪府大阪市中央区城見一丁目2番27号

クリスタルタワー15階 Osaka, (JP)

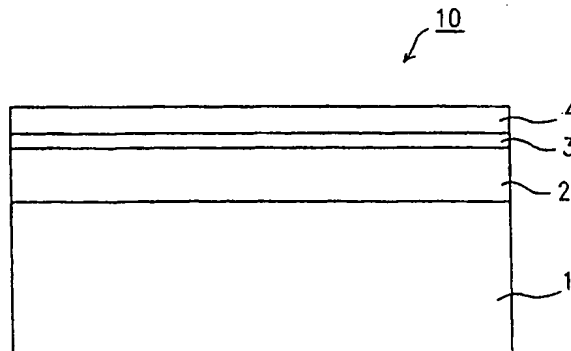
(81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)

添付公開書類

国際調査報告書

(54)Title: METHOD FOR FORMING COMPOUND SEMICONDUCTOR LAYER AND COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE

(54)発明の名称 化合物半導体層の形成方法および化合物半導体装置



(57) Abstract

A method for forming a compound semiconductor layer which comprises the step growing a III-V compound semiconductor crystal layer containing at least nitrogen and arsenic as V Group elements on a single crystal substrate, said step growing a III-V compound semiconductor crystal layer comprising a step supplying the single crystal substrate with a nitrogen source so that the nitrogen source can interact with aluminum at least on a surface from which the III-V compound semiconductor crystal layer grows. A process for forming a III-V compound semiconductor layer comprising a III-V compound semiconductor containing arsenic of a Group V element and nitrogen incorporated therein as a mixed crystal is thus provided.

単結晶基板上に、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を包含し、該化合物半導体層を結晶成長させる工程が、窒素原料がアルミニウムと、少なくとも該化合物半導体層の結晶成長表面で相互作用するように、該単結晶基板上に窒素原料を供給する工程を包含する。これにより、良好な発光特性を有する、V族元素の砒素を含むIII-V族化合物半導体に窒素を混晶化したIII-V族化合物半導体層の形成方法が提供される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	CW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CI	コートジボワール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IS	アイスランド	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KE	ケニア	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	KR	韓国				

リア層2、層厚約7 nmの $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}_{0.05}\text{As}_{0.95}$ 井戸層（発光層）3、および層厚約0.1 μm の $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部バリア層が積層された単一量子井戸構造を有する多層膜10を結晶成長させたものである。

以下に本実施形態の化合物半導体層の形成方法を説明する。従来の方法との違いは、適正量のAl原料を含むIII族原料を供給する工程、III族面へ窒素原料を供給する工程、および砒素原料を供給する工程を一周期のプロセスとし、そのプロセスを複数回繰り返すことによって結晶成長を行っている点にある。

TMGa（トリメチルガリウム）、 AsH_3 （アルシン）、 NH_3 （アンモニア）、そしてTMAI（トリメチルアルミニウム）を備えたCBE装置を用いて、チャンバ内にこれらの原料を供給し、 $\{100\}$ 面を主面とするGaAs基板1の温度を600℃に保持しながら、この基板1の上に結晶を成長させて、図1と同様の構造を有する上記の単一量子井戸構造を作製した。このCBE法による結晶成長時の分子線強度として、TMGaは約 $3.5 \times 10^{-7} \text{ torr}$ とし、TMAIはバリア層2および4の成長時には約 $1.5 \times 10^{-7} \text{ torr}$ 、井戸層3の成長時には約 $1.8 \times 10^{-8} \text{ torr}$ とし、 AsH_3 は約 $8.0 \times 10^{-6} \text{ torr}$ とし、そして NH_3 は約 $1.0 \times 10^{-5} \text{ torr}$ とした。

この結晶成長工程において、バリア層2および4であるAlGaAsを結晶成長させる際には必要な原料をすべて同時に供給した。これに対して、井戸層3であるAlGaInAs層を結晶成長させる際には、図6に示すシーケンスで原料を交互に供給した。この原料を交互に供給する工程は、Al原料を含むIII族原料を供給する工程A、III族面へ窒素原料を供給する工程B、および砒素原料を供給する工程Cを一周期のプロセスとしている。

図6（a）～（d）は、それぞれの原料ガスを供給するタイミングチャートを示す。全ての原料を同時に供給しながら下バリア層2を成長させた後、交互に原料を供給し始めた。まず工程AにてTMGaとTMAIを2秒間供給し、III族終端面を形成した。次に工程Bにて NH_3 を3秒間供給して部分的に窒化した。

以上の実施形態においては、 $\{100\}$ 面を主面とする基板を用いたが、任意の適切な面方位を有する基板を用い得る。例えば、基板面としては、 $\{n11\}$ A, B面 ($n=1, 2, 3, 4 \dots$)、および $\{110\}$ 面など、またはこれらの面を任意の方向に $2 \sim 15^\circ$ 傾斜させた面などが挙げられる。

5 以上のように、本発明の化合物半導体層の形成方法によれば、V族元素として窒素と砒素とを両方含むIII-V族半導体材料の結晶成長温度を従来よりも高く（ 600°C 以上、 750°C 以下に）することが出来る。このように結晶成長温度を高くしても窒素やインジウムの取り込みが十分に生じ、良好な結晶性、特に良好な発光特性を有する結晶を成長させることが可能となる。特に、結晶性の良い

10 AlGaAs、GaInP、InGaAsP、AlGaInPを成長するのに適した温度範囲と同等の高温にしても窒素の取り込み（窒素混晶比）が低下せず、V族元素として窒素と砒素とを両方含むIII-V族半導体材料の上および／または下にAlGaAsを備えた多層膜構造を作製するのに適する。また、基板表面に反応性の高いAlが存在する為、基板表面での窒素化合物原料の分解反応を利用して窒素を取り込む場合、窒素原料の分解効率、取り込み効率が著しく向上する。

15

なお、上記の作用および効果は、作製しようとするGaAsN層に少量のAlを添加した場合にのみ見られた。他のIII族元素であるインジウム(In)、他のV族元素であるリン(P)またはアンチモン(Sb)を添加しても、本発明のようにAlを添加した場合のような特別な作用および効果は見られなかった。さらに、AlとInとの同時添加は、蒸気圧が高く熱的に蒸発しやすいInの熱的な蒸発を抑制する効果も同時に生じるので、Inを含む混晶系におけるIn組成の精密な制御を行う場合に都合が良い。

20

(実施形態15)

25 本実施形態は、図1と同様に、GaAs基板1の上に、CBE（ケミカルビームエピタキシー）法を用いて、層厚約 $0.5 \mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部バ

結果を図5に示す。このとき、RHEED観察の結果から表面超構造は (2×4) (V族元素の砒素および窒素の被覆率約75%)であった。

以下、実施形態1および比較例12~14について図5を参照して説明する。

図5は、As以外の原料の供給および成長温度を一定に保ったまま、As₄の供給量を変化させた場合の井戸層における窒素混晶比を示している。図5より、Alの添加と成長温度以外に、As₄供給条件が結晶成長に影響を与えていることがわかった。図5はまた同時に、成長中のRHEED観察の結果から得られる表面超構造 (surface reconstruction) のパターンも示している。表面超構造が (2×4) (砒素および窒素の被覆率約75%)となるAs₄の供給が過剰な成長条件の場合には、窒素混晶比が小さい。これに対して、表面超構造が (3×1) (砒素および窒素の被覆率約40%)となる成長条件の場合には、供給原料のN/As比の増加分以上に窒素混晶比が増加する。表面超構造が (4×2) (砒素および窒素の被覆率0%)となるAsが少ない条件では、Gaのドロップレットの発生の為に、得られた膜の表面は非常に荒れたものであった。

以上のことから、窒素原料であるDMeHyの表面分解、および分解された窒素原子の吸着は、成長中の表面のIII族原子の露出の程度によって変化していることがわかる。最適な成長条件は、III族原子が表面の半分以上 (上記の実施形態1では60%) で露出している状態で、かつIII族原子が過剰なドロップレットを作らない状態であり、実施形態1におけるAlGaAsNの場合には表面超構造が (3×1) となる条件であった。このことは、AlのないGaAsNの成長時にも同様 (図示せず) であったが、III族元素にAlを含む場合で特に顕著であった。

以上の実施形態においては、AlGaAs/AlGaAsN/AlGaAs構造を作製した例について説明したが、上下バリア層は、GaAsを含む他のAl混晶比のAlGaAs、GaInP、InGaAsP、およびAlGaInPなどの他の材料でも良い。

以下、実施形態10～14および比較例8～11について図4を参照して説明する。

図4は、窒素を1% ($x:0.01$) 混晶化した結晶のフォトルミネッセンス発光強度の成長温度依存性を示す図である。図中(a)のプロットは、Alを含む実施形態10～14ならびに比較例8および9を示し、(b)のプロットは、Alを含まない比較例10および11を示す。

Alを含まない場合には、図3を参照して、成長温度550℃を超えると窒素の取り込みが困難となるので、結晶の作製自体が困難になる。図4より、基板温度が550℃以上では結晶成長が困難となり発光強度も低下する。これに対して、Alを含む場合には、図3を参照して、基板温度750℃まで結晶成長が可能であり、高い基板温度でも窒素の取り込みが十分に生じる。図4より、基板温度が500℃～750℃の範囲内で、Alを含まない場合に比べて発光強度が向上していることがわかった。特に600℃以上で作製した場合に発光強度が大きくなることがわかった。つまり、より非平衡な状態で結晶成長が進行するように、低い基板温度(500℃)を選んで結晶成長を行って、窒素の取り込みの増加を図ることを優先していた従来の方法とは異なり、本発明によると、より高い温度でも窒素の取り込みが行えることから、GaAsN混晶系における最適な成長温度に近い温度範囲で結晶成長を行うことができるようになった。

上記のように図3および図4を参照して説明した、実施形態1、6～9ならびに比較例2～7と、実施形態10～14および比較例8～11とから、窒素の取り込みが十分で、かつ良好な発光特性が得られるための基板温度は500℃以上、750℃以下であり、より好ましくは600℃以上、750℃以下である。

(比較例12～14)

結晶成長工程におけるAs₄の分子線強度を約 8.0×10^{-6} torr、約 2.0×10^{-5} torr、および 3.0×10^{-5} torrとしたこと以外は実施形態1と同様にして多層膜を形成した。この多層膜の井戸層における窒素混晶比の

-N結合の生成が、窒素の熱脱離を抑制していることによる。なお、基板温度が750℃よりも高い場合にはGaの熱蒸発が激しくなり、平坦な表面をもつ結晶の作製は困難であった。

(実施形態10)

- 5 結晶成長工程におけるN原料(DMeHy)の分子線強度を約 2.4×10^{-6} torrに調節して、窒素混晶比を0.01としたこと以外は実施形態1と同様にして多層膜を形成した。この多層膜のフォトルミネッセンス発光強度の測定結果を1として図4に示す。

(実施形態11~14)

- 10 結晶成長工程における基板温度を、500℃、550℃、600℃、および750℃としたこと、および実施形態10と同じ窒素混晶比0.01を得るために窒素原料(DMeHy)の分子線強度を適宜変更したこと以外は実施形態10と同様にして多層膜を形成した。この多層膜のフォトルミネッセンス発光強度の測定結果を実施形態10の測定結果を基準として図4に示す。

- 15 (比較例8および9)

- 結晶成長工程における基板温度を、400℃および450℃としたこと、および実施形態10と同じ窒素混晶比0.01を得るために窒素原料(DMeHy)の分子線強度を適宜変更したこと以外は実施形態10と同様にして多層膜を形成した。この多層膜のフォトルミネッセンス発光強度の測定結果を実施形態10の測定結果を基準として図4に示す。

20

(比較例10および11)

- A1原料の供給を行わず、結晶成長工程における基板温度を、500℃および550℃としたこと、および実施形態10と同じ窒素混晶比0.01を得るために窒素原料(DMeHy)の分子線強度を適宜変更したこと以外は実施形態10と同様にして多層膜を形成した。この多層膜のフォトルミネッセンス発光強度の測定結果を実施形態10の測定結果を基準として図4に示す。

25

以下、実施形態 1、6～9 ならびに比較例 2～7 について図 3 を参照して説明する。

図 3 は、井戸層中の窒素混晶比 z の成長温度依存性を示す図である。図中 (a) のプロットは、Al を含む実施形態 1、6～9 ならびに比較例 2 および 3 を示し、(b) のプロットは、Al を含まない比較例 4～7 を示す。

Al を含まない場合には基板温度約 500℃で窒素混晶比が最も大きくなり、基板温度がこれよりも高い場合にも低い場合にも井戸層中の窒素混晶比は低下した。450℃および600℃で結晶成長を行った試料では、窒素混晶比は組成オーダーで検出されなかった。この理由は、基板温度が低いと原料の熱分解が十分に生じず、基板温度が高いと物理吸着状態の窒素原料種が熱的に蒸発することによる。III族元素にインジウムを含む化合物半導体に窒素を混晶化する場合、基板温度を上げることは困難である。

一方、Al を含む場合には、基板温度 500℃で最も窒素の取り込みが多くなる点はAl を含まない場合と同様であるが、基板温度がこれより高くても窒素の取り込みは大幅には低下しなかった。すなわち、図 3 より、Al を含む場合には Al を含まない場合に比べて基板温度が450℃～750℃の範囲内で窒素の取り込みが改善されていることがわかった。さらに、AlGaAs、InGaP、InGaAsP、およびAlGaInPなどの最適成長温度である600～750℃付近にまで基板温度を上げることが可能であることがわかった。Al を含まない場合に比べて、Al を含む場合に基板温度が500℃より低い場合（例えば450℃の場合）にも窒素混晶比が増加する理由は、窒素原料と同時に反応性の高いAl原料が供給されている為、原料の基板表面での分解反応が促進されたことによる。これに対して、Al を含まない場合に比べて、基板温度が500℃より高い場合に窒素混晶比が増大し、かつ基板温度の上昇に対して窒素混晶比が減少しにくい理由は、Al が熱的にほとんど蒸発しない為に、Al を含む結晶はそれ自体が熱的にエッチングされにくいこと、特に結晶成長中の結合力の強いAl

結晶成長工程の井戸層の成長時におけるA1原料（金属A1）の分子線強度を約 7.3×10^{-9} torr、約 4.0×10^{-8} torr、約 6.3×10^{-8} torr、および約 8.8×10^{-8} torrに調節して、A1混晶比をそれぞれ0.02、0.1、0.15、0.2としたこと以外は実施形態1と同様にして多層膜を形成した。この多層膜の井戸層における窒素混晶比の結果を図2に示す。

（比較例1）

結晶成長工程におけるA1原料を供給せずに、A1混晶比を0としたこと以外は実施形態1と同様にして多層膜を形成した。この多層膜の井戸層における窒素混晶比の結果を図2に示す。

以下、実施形態1～5および比較例1について図2を参照して説明する。図2は、成長温度650℃にて、一定の原料供給条件で結晶を作製した時の井戸層中の窒素混晶比のA1供給量依存性を示す図である。A1の固相比が、2%（混晶比 $x = 0.02$ ）を越える程度にA1原料を添加した時に窒素の取り込みの増加が見られはじめ、その効果が現れた。

（実施形態6～9）

結晶成長工程における基板温度を、500℃、550℃、600℃および750℃としたこと以外は実施形態1と同様にして多層膜を形成した。この多層膜の井戸層における窒素混晶比の結果を図3に示す。

（比較例2および3）

結晶成長工程における基板温度を、400℃および450℃としたこと以外は実施形態1と同様にして多層膜を形成した。この多層膜の井戸層における窒素混晶比の結果を図3に示す。

（比較例4～7）

A1原料の供給を行わず、結晶成長工程における基板温度を、450℃、500℃、550℃、および600℃としたこと以外は実施形態1と同様にして多層膜を形成した。この多層膜の井戸層における窒素混晶比の結果を図3に示す。

いは、発光層の結晶成長時に適正量のAl原料を添加している点にある。

5 固体ソースの金属Ga、金属Al、およびAs₄、ならびにガスソースのDMeHy（ジメチルヒドラジン）を備えたMBE装置を用いて、チャンバ内にこれらの原料を供給し、{100}面を主面とするGaAs基板1の温度を650℃に保持しながら、この基板1の上に各原料の分子線を照射することによって結晶を成長させて、図1に示す単一量子井戸構造を作製した。このMBE法による結晶成長時の分子線強度として、Gaは約 3.6×10^{-7} torrとし、Alは井戸層3の成長時には約 1.9×10^{-8} torr、バリア層2および4の成長時には約 3.3×10^{-7} torrとし、As₄は約 4.7×10^{-6} torrとし、
10 そしてDMeHyは約 3.6×10^{-6} torrとした。この結晶成長工程にわたって、必要な原料をすべて同時に供給した。特にAlGaNAs井戸層3を作製する時には、後に図2～4を用いて説明するように、AlとDMeHyとを同時に供給する点が重要であった。

15 以上のようにして、GaAs基板1上にAl_{0.5}Ga_{0.5}As下部バリア層2、Al_{0.05}Ga_{0.95}N_{0.015}As_{0.085}井戸層（発光層）3、およびAl_{0.5}Ga_{0.5}As上部バリア層4を順次結晶成長させた。この多層膜10の発光層3におけるアルミニウムの混晶比は0.05であり、窒素混晶比は0.015であった。井戸層3を構成するAl_{0.05}Ga_{0.95}N_{0.015}As_{0.085}の組成は、GaAs基板に対して、約-0.3%の引っ張り歪を有する組成である。

20 さらに、作製した多層膜を室温でフォトルミネッセンスを測定した結果、この多層膜は波長約1.26 μmで発光することが確認され、作製したAl_{0.5}Ga_{0.5}As/AlGaNAs/Al_{0.5}Ga_{0.5}As構造は単一量子井戸を構成していることがわかった。さらに、発光スペクトルの半値幅は25 meVと十分に狭く、試料面内で発光波長、発光強度の不均一はなく、表面状態も極めてスムーズであった。よって、高品質の結晶が得られていることが確認できた。

（実施形態2～5）

トである。

図4は、窒素を1%混晶化 ($z = 0.01$) した結晶のフォトルミネッセンス
発光強度の成長温度依存性を示す図であり、(a) はA1原料を含む実施形態1
0～14ならびに比較例8および9のプロット、(b) はA1原料を含まない比
5 較例10および11のプロットである。

図5は、実施形態1および比較例12～14において、As以外の原料の供給
や成長温度を一定に保ったまま、Asの供給量が増加した場合の膜中に取り込ま
れる窒素濃度の変化を示す図である。

図6は、実施形態15における井戸層形成時の原料供給シーケンスを示す図で
10 ある。

図7は、実施形態16において作製した半導体レーザの構造を示す、レーザ出
射端面方向から見た断面模式図である。

図8は、 $1.3\mu\text{m}$ 波長で発光する半導体レーザのAlGaInNAs井戸層
における、Al、N、およびInの混晶比の関係を示す図である。

図9は、実施形態16において作製した半導体レーザの発振閾値電流の、井戸
層におけるAl混晶比依存性を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の実施形態について、比較例とともに詳細に記述する。

20 (実施形態1)

本実施形態は、図1に示すように、GaAs基板1の上に、MBE (分子線エ
ピタキシー) 法を用いて、層厚約 $0.5\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 下部バリア
層2、層厚約 6nm の $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}_{0.015}\text{As}_{0.085}$ 井戸層 (発光層)
3、および層厚約 $0.1\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上部バリア層4が積層され
25 た単一量子井戸構造を有する多層膜10を結晶成長させたものである。

以下に本実施形態の化合物半導体層の形成方法を説明する。従来の方法との違

る。

好適な実施態様においては、上記発光素子は、 $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$) からなるクラッド層、ガイド層、および／または障壁層をさらに有する。

5 以下、本発明の作用について説明する。

本発明によれば、窒素原料がアルミニウムと、少なくとも化合物半導体層の結晶成長表面で相互作用するように、単結晶基板上に窒素原料を供給するので、基板表面での窒素原料の分解反応を促進し、窒素原料種の熱的な蒸発を抑制する。よって、結晶成長温度を比較的高温（600℃以上、750℃以下）にしても、
10 窒素の取り込みが十分に生じ、良好な結晶性、特に良好な発光特性を有する結晶を成長させ得ることができる。 AlGaAs 、 GaInP 、 InGaAsP 、および AlGaInP からなる結晶は、この結晶成長温度と等しい比較的高温下での結晶成長によって良好な結晶性を備える。従って、これらの結晶層を上および／または下に備えたIII-V族化合物半導体結晶層を含む多層膜を作製する場合、
15 III-V族化合物半導体結晶の成長温度を上記のような材料に最適な温度範囲に合わせることができ、多層膜の成長温度を高温に維持できる。よって、良質な結晶同士のヘテロ接合を作製することができる。

図面の簡単な説明

20 図1は、実施形態1～15および17～19、ならびに比較例1～14において作製した単一量子井戸の構成を示す断面模式図である。

図2は、実施形態1～5および比較例1において、一定の成長温度、原料供給条件で結晶を作製した井戸層の窒素混晶比のAl混晶比依存性を示す図である。

図3は、一定の原料供給条件で結晶を作製した井戸層の窒素混晶比の成長温度依存性を示す図であり、（a）はAl原料を含む実施形態1、6～9ならびに比較例2および3のプロット、（b）はAl原料を含まない比較例4～7のプロッ
25

原子の被覆率は0%より大きく、50%未満である。

好適な実施態様においては、上記化合物半導体層を結晶成長させる工程は、アルミニウムを含むIII族原料を供給する工程と、砒素原料を供給する工程をさらに包含し、該III族原料を供給する工程と、上記窒素原料を供給する工程と、該

5 砒素原料を供給する工程とを順に含むプロセスを1回以上繰り返して行われる。

好適な実施態様においては上記単結晶基板が{100}面を主面とする。

好適な実施態様においては、上記単結晶基板上に $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0, i > 0, j \geq 0$) からなる層を結晶成長させる工程をさらに包含し、上記化合物半導体層を結晶成長させる工程と、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}$

10 As_jP_{1-j} からなる結晶を成長させる工程とが、同じ温度下で行われる。

好適な実施態様においては、上記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の後に行われる。

好適な実施態様においては、上記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該

15 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の前に行われる。

好適な実施態様においては、上記化合物半導体層がインジウムをさらに含む。

本発明の化合物半導体装置は、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を少なくとも1層有する化合物半導体装置であって、

20 該化合物半導体層が、上記のいずれかに記載された化合物半導体層の形成方法に従って形成された層である。

好適な実施態様においては、上記化合物半導体装置は少なくとも発光層を有する発光素子であり、該発光層が上記化合物半導体層を含む。

好適な実施態様においては、上記発光層は $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N_zAs_{1-z}$ ($0 < x, y, z < 1$) からなり、該発光層におけるAlの混晶比 x は、0.02以上、0.20以下であり、より好ましくは0.02以上、0.10以下であ

25

包含し、該化合物半導体層を結晶成長させる工程が、窒素原料がアルミニウムと、少なくとも該化合物半導体層の結晶成長表面で相互作用するように、該単結晶基板上に窒素原料を供給する工程を包含する。

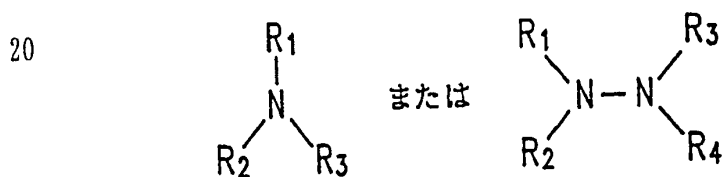
別の局面において、本発明の化合物半導体層の形成方法は、単結晶基板上に、
5 V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を包含し、該化合物半導体層を結晶成長させる工程が、窒素原料とともにアルミニウム原料を同時に該単結晶基板上に供給する工程を包含する。

別の局面において、本発明の化合物半導体層の形成方法は、単結晶基板上に、
10 V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を包含し、該化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該化合物半導体層の結晶表面にアルミニウムを含むIII族原子が露出された状態で、該表面に窒素原料を供給する工程を包含する。

好適な実施態様においては、上記化合物半導体層におけるIII族元素中のアルミニウムの混晶比は0.02以上である。

15 好適な実施態様においては、上記化合物半導体層を結晶成長させる工程は、上記単結晶基板の温度が500℃以上、750℃以下、より好ましくは600℃以上、750℃以下の範囲内で行われる。

好適な実施態様においては、上記窒素原料は、



25 を含み、ここで、 R_1 、 R_2 、 R_3 、および R_4 は水素または低級アルキル基である。

好適な実施態様においては、上記化合物半導体層の結晶成長表面におけるV族

0℃)で行っている。よって、上記と同様に、このように低い基板温度で結晶成長されたクラッド層の結晶性は十分ではない。GaInNAs活性層の下地となる $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0, i > 0, j \geq 0$) 下クラッド層の結晶性が十分でなければ、その上に結晶成長するGaInNAs活性層にも下地の下クラッド層の結晶欠陥が伝搬する。従って、このように低温でレーザ構造を作製すると、良好な発光特性が得られず、レーザ素子の劣化も速い。このような従来の低温結晶成長方法は、GaAsNまたはGaInNAsの高温成長による発光特性の向上に対する要求よりも、窒素の取り込みによる新規な材料の提供に対する要求を優先させている結果と言える。

これに対して、発光特性を改善する試みとして、結晶成長後の熱処理の効果についての報告例がある。1998年度春季応用物理学会予稿集28p-ZM-12においては、GaAsN（窒素組成0.79%）を水素雰囲気下で700℃、10分間の熱処理することによって、発光強度が25倍に向上することが報告されている。しかしながら、本発明者らが検討を行った結果では、結晶成長後の熱処理だけでは、活性層にGaInNAsを用いた半導体レーザのレーザ特性を実用レベルにまで十分に向上させることができないことがわかった。さらに、このような結晶成長後の処理ではなく、結晶成長中に良好な結晶を得る工夫が必要ながわかった。

発明の開示

本発明は上記の問題を解決することを目的としたものである。すなわち本発明の目的は、良好な発光特性を有する、V族元素の砒素を含むIII-V族化合物半導体に窒素を混晶化したIII-V族化合物半導体層の形成方法を提供することにある。

本発明の化合物半導体層の形成方法は、単結晶基板上に、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を

られているが、この例においても結晶成長温度として約500℃が選ばれている。

半導体レーザの活性層にGaInNAs層を用いた上記の例をはじめとして、半導体レーザの活性層にGaAsおよびGaInAsなどに窒素を混晶化した新規の化合物半導体材料を用いている。この場合、窒素を混晶化しない化合物半導体材料を用いて同等の構成を作製した場合と比較して、必ずしも良好な発光特性が得られるとは限らない。例えば、前述の第二従来例が示された文献においては、活性層（量子井戸）に、窒素を混晶化しないGaInAsを用いた場合と、窒素を混晶化したGaInNAsを用いた場合とについて、同様の構成の半導体レーザを作製している。このとき、窒素を1%混晶化した場合には発振閾値電流が約4倍に増加し、発光効率は約3分の2に低下することが報告され、窒素をほんの少し混晶化した場合には発光効率は著しく低下することが報告されている。

発光効率が低下する原因の一つとして、従来の結晶成長方法では結晶成長温度が低すぎ、よって十分な結晶性を備えた結晶が得られていない点を指摘することができる。

例えばGaAsNの場合、低い成長温度（約500℃）で非平衡な状態で結晶成長を進行させることにより、GaAs中にNを取り込んで、熱平衡状態では実現できない結晶を作製している。GaAsNはGaAsとGaNとの混晶と見なせる。GaAsの最適な成長温度が600℃～750℃であり、GaNの最適な成長温度が900～1000℃である。これらの温度と比較して、GaAsNの混晶系にとって約500℃が最適な成長温度とは考え難い。

また例えば、活性層と、この活性層を挟む上下のクラッド層とを含む半導体レーザにおいて、活性層がGaInNAsからなり、上下クラッド層がAlGaAs、GaInP、InGaAsP、およびAlGaInPなどからなる場合について考える。このような半導体レーザを作製する際に通常、 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0, i > 0, j \geq 0$) からなる上下クラッド層の結晶成長温度を、GaInNAs活性層の結晶成長温度に合わせて低い基板温度（約50

これらの新しい半導体材料の結晶成長には分子線エピタキシャル成長（MBE）法または有機金属気相成長（MOCVD）法が用いられる。窒素原料としては、ジメチルヒドラジン（DMeHy）、およびプラズマによって活性化された窒素ガス（N₂）などが挙げられる。結晶成長時には、Ga、In、As原料と上記の窒素原料とを同時に供給することによって結晶成長が行われる。

このような、V族元素の砒素を含むIII-V族化合物半導体にV族元素の窒素を混晶化したIII-V族化合物結晶半導体材料は、近年になるまで積極的に取り上げられてこなかった。この理由は、このような半導体材料の結晶を成長させることが困難なことにある。

例えば、GaAsNは、V族元素として窒素だけを含むGaNと、V族元素として砒素だけを含むGaAsとの混晶と考えられる。この混晶系には非常に大きな非混和領域（ミシビリティギャップ）があり、GaAs中にわずか数%のNを取り込んで混晶化することさえ難しく、結晶成長の方法および条件を慎重に選ぶ必要がある。特にGaAsへの窒素の取り込みに関しては、結晶成長時の基板温度に大きく影響されることが報告されている。通常、このような結晶成長時の基板温度として約500℃が選ばれる。この500℃という温度は、III-V族化合物半導体の結晶成長温度としては比較的低温である。

Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36, No. 12A, Dec. 1997, Page L1572（第三従来例）において、モノメチルヒドラジン（MMeHy）をN原料に用いたGaAsNの結晶成長の場合について、結晶成長時の基板温度と結晶中の窒素混晶比との相関を示している。基板温度が500℃よりも低い場合には、MMeHyの熱分解が十分に生じず、よって結晶中へのNの取り込みが小さい。これに対して、基板温度が500℃よりも高い場合には、窒素原料種の熱的な蒸発が大きく、よってNがGaAs中に取り込まれなくなる。従って、基板温度が約500℃である場合がNを最も効率良く結晶中に取り込むことができる温度であると報告している。

また、第二従来例においては、窒素原料としてプラズマ分解されたN₂が用い

明 細 書

化合物半導体層の形成方法および化合物半導体装置

5 技術分野

本発明は化合物半導体層の形成方法に関し、より詳しくは、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層の形成方法に関する。

背景技術

10 近年、オプトエレクトロニクス用材料としてのIII-V族化合物半導体の利用分野を大きく広げる新しい材料系として、V族元素が砒素からなるIII-V族化合物半導体（GaAsおよびGaInAsなど）に窒素を混晶化したIII-V族化合物半導体が提案されている。

15 特開平6-37355号公報（第一従来例）には、GaAs基板に格子整合する新しい半導体材料として、 $Ga_{1-y}In_yN_zAs_{1-z}$ （ $z = \text{約} 0.04$ ）系化合物混晶半導体材料などが開示されている。このような半導体材料を用いることにより、それまでは不可能であった、安価なGaAs基板上に長波長帯（ $1.3 \sim 1.55 \mu m$ ）の半導体レーザを作製することが可能となることが示されている。

20 また、PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL.10, NO.4, Apr. 1998, Page 487（第二従来例）には、活性層を $Ga_{0.7}In_{0.3}N_{0.01}As_{0.99}$ からなる量子井戸層とGaAsからなるガイド層とで構成し、この活性層を $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ からなる上下クラッド層で挟んだ半導体レーザ構造をGaAs基板上に作製することが開示されている。このような半導体レーザによれば、波長 $1.31 \mu m$ における室温連続発振が可能となることが報告されている。これは、GaAs
25 基板との格子整合系で構築された半導体レーザとしては初めてである。

続いて、工程Cにて AsH_3 を2秒間供給し、 AlGaAsN の1分子層を形成する。これらの工程A～Cを1周期のプロセスとし、このプロセスを適当な回数だけ繰り返すことにより、所定の層厚の AlGaAs 層（井戸層）3を得た。その後、全ての原料を同時に供給しながら上部バリア層4を成長させた。

5 以上のようにして、 GaAs 基板1上に $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部バリア層2、 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}_{0.05}\text{As}_{0.95}$ 井戸層（発光層）3、および $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部バリア層4を順次結晶成長させた。この多層膜10の発光層3におけるアルミニウムの混晶比は0.05であり、窒素混晶比は0.05であった。井戸層3を構成する $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}_{0.05}\text{As}_{0.95}$ の組成は、 GaAs 基板
10 に対して、-1%の引っ張り歪を有する組成である。

このように作製された試料の室温でのフォトルミネッセンスの発光強度を測定した結果、良好な発光特性を有する $\text{AlGaAs}/\text{AlGaAsN}/\text{AlGaAs}$ 量子井戸が作製されていることがわかった。従来のようにAlを添加しないで本実施形態と同様の方法により同程度に窒素が混晶化されるように窒素原料を供給した $\text{AlGaAs}/\text{GaAsN}/\text{AlGaAs}$ 量子井戸を作製したところ、その窒素の取り込み量は、本実施形態に比べて一桁程度低いものであった。さらに、
15 本実施形態で得られた多層膜には発光波長、強度の不均一はなく、発光強度が強
く、結晶表面のモロロジーも極めてスムーズであった。

本実施形態では、全ての原料を同時に供給した上記の実施形態1～14と異なり、III族原料、窒素原料、および砒素原料を順次、それぞれ単独で供給している。これは、Alを含むIII族元素が基板最表面に現われている時に窒素原料である NH_3 を供給すると、 NH_3 の熱分解が促進されることを積極的に利用した成長方法であり、窒素の取り込み効率が特に高くなる。この窒素の取り込み効率が特に高くなることを、図6を参照しながら、以下にさらに詳しく説明する。

25 まず、図6の工程Aで、合計が1原子層分以下のGaとAlとを供給することができる TMGa と TMAI とを同時に照射する。この時に供給されるIII族原

子は1原子層分以下であればその量は任意であるが、III族原料としてTMGa
やTMAIなどの有機金属化合物を用いていけば、III族元素1原子層分だけの
成長で成長が自己停止する原子層エピタキシーのモードを使うこともできる。次
に、工程BでNH₃を供給する。この工程Bで供給するNH₃は、固相比5%

5 (混晶比 $z = 0.05$)となる分だけ窒素が取り込まれるように、供給時間を制
御する。このように、活性なAlを含むIII族原子が基板表面に露出している状
態でNH₃を供給すると、表面反応によりNH₃の吸着/分解が促進される。仮
に、このNH₃の供給と同時にAsH₃を供給すると、NH₃よりも分解温度が低
くて吸着しやすいAs原子で基板表面が素早く覆われて、NH₃の表面分解反応
10 の確率が低下する。工程CでAsH₃を単独で供給し、基板表面の窒素が吸着し
ていないIII族原子を砒素によって終端する。この工程Cで供給されるAsH₃
は0.95原子層分以上の供給量であるが、Asは基板表面の窒素原子と結合し
ていないIII族原子にだけ吸着し、それ以上の余分なAsは反応すべきIII族原子
がないために吸着しないまま脱離する。工程Bで、先に化学吸着した窒素原子は、
15 Ga-N結合およびAl-N結合の結合エネルギーが非常に大きいことから、後
から供給されるAs原子と置換されることはない。A~Cの工程を1サイクル実
行するごとに1分子層以下のAlGaAsN層が形成される。厚膜を成長する場合
にはこのサイクルを複数回繰り返せば良い。

20 V族元素として砒素と窒素とを含む化合物(例えばGaAsN)を結晶成長す
る場合、砒素化合物(GaAs)と窒素化合物(GaN)とに相分離しやすく、
均一に砒素と窒素とが混じり合った結晶を成長させるのは困難である。しかし、
本実施形態のように砒素原料と窒素原料とをタイミングをずらして供給すると、
それぞれの砒素原子と窒素原子の吸着サイトの干渉および競合が生じず、砒素と
窒素とがランダムに混じり合った結晶が作製される。すなわち、アルミニウム原
25 料を添加して作った活性なIII族原子が露出している表面に窒素原料だけを供給
することにより、窒素原料の分解効率、取り込み効率を著しく向上させるとも

に、砒素原子との吸着サイトの競合を生じさせない。

本実施形態においては、上記の作用を鑑みると、基板の面方位に関してはIII族面とV族面とを交互に露出することができる{100}面および{100}面を任意の方向に2~15°程度傾斜させた面が望ましい。

- 5 本実施形態では、供給する原料の量を単位時間当たりの供給量と供給時間とで制御したが、反射高速電子線回折(RHEED)の振動の位相をモニターしながら原料の供給シーケンスを制御すれば、原料の供給量がより精度よく制御できるようになることは言うまでもない。さらに、各原料の供給後に、残留原料を追いつくために待ち時間(原料を全く供給しない時間)を設けても良い。特に、単位
10 時間当たりの供給量が比較的多いV族原料の供給後に待ち時間を設けるのが好ましい。

- 15 本実施形態においては、AlGaAs/AlGaInAs/AlGaAs構造を作製した例について説明したが、上下バリア層は、GaAsを含む他のAl混晶比のAlGaAs、GaInP、InGaAsP、およびAlGaInPなどの
15 他の材料でも良いことは言うまでもない。

(実施形態16)

- 20 本実施形態においては、図7に示すような発振波長1.3μmの半導体レーザ100を作製した。波長1.3μmは、石英系光ファイバーの波長分散が極小となる波長であり、光ファイバーを用いた光通信において重要な波長である。この
20 半導体レーザ100は、n型GaAs基板(300μm)11と、この上に積層配設されたn型GaAsバッファ層(0.5μm)12、n型Al_{0.35}Ga_{0.65}As下クラッド層(1μm)13、ノンドープAl_{0.05}Ga_{0.95}Asガイド層(0.1μm)14a、ノンドープAl_{0.05}Ga_{0.64}In_{0.31}N_{0.015}As_{0.985}井戸層(+2%圧縮歪、6nm)15、ノンドープAl_{0.05}Ga_{0.95}Asガイド層(0.1μm)14b、およびp型Al_{0.35}Ga_{0.65}As上クラ
25 ッド層(1μm)16と、上クラッド層16の上に配設されたp型GaAsコン

タクト層 (0.5 μm) 17 およびポリイミド電流狭窄層 18 とこれらの積層構造体を挟む AuGe 電極金属 19a および AuZn 電極金属 19b とからなる。

以下に本実施形態の化合物半導体層の形成方法を説明する。従来の方法との違いは、量子井戸層の結晶成長時に適正量の Al 原料を添加しながら作製している点にある。

固体ソースの Ga 原料、In 原料、Al 原料、および As 原料、ならびにガスソースの NH_3 (アンモニア) を備えた MBE 装置を用いて、{100} 面を主面とする GaAs 基板 11 の温度を 600°C に保持しながら、この基板 11 の上に各原料の分子線を照射することによって結晶を成長させて、バッファ層 12、下クラッド層 13、ガイド層 14a、井戸層 15、ガイド層 14b、上クラッド層 16、およびコンタクト層 17 が積層された多層膜を作製した。ここで、ガスソースの NH_3 は、アルミナ触媒を用いたクラッキングを行って供給した。伝導型制御のためのドーパントとして、固体 Si を Si ドープ用に、固体 Be を Be ドープ用に用いた。成長速度は 0.5 μm /時間とした。各層の成長時には必要な原料をすべて同時に供給した。特に、井戸層 15 である AlGaInNAs 層を作製する時には Al と NH_3 とを同時に供給した。

上記のように MBE 法により多層膜を結晶成長した後、コンタクト層 17、および上クラッド層 16 の一部を幅 3 μm のストライプ状にエッチング加工してリッジ型導波路構造とし、リッジ側面にはポリイミドによる電流狭窄層 18 を施し、上下に電極 19a および 19b を形成して半導体レーザ 100 を作製した。

このようにして作製した半導体レーザ 100 は、室温において発振閾値電流 20 mA、波長 1.3 μm でレーザ発振した。特性温度は 180 K であった。さらに、半導体レーザ素子は 80°C、10 mW におけるエージング試験の結果、5000 時間以上の安定走行が確認された。

ところで、波長 1.3 μm で発光する $\text{Ga}_{0.7}\text{In}_{0.3}\text{N}_{0.01}\text{As}_{0.99}$ 井戸層へ Al を混晶化する場合、Al の混晶化に伴う禁制帯幅の拡大を打ち消して発

振波長を一定 ($1.3 \mu\text{m}$) に保つには、窒素とインジウムの混晶比を増加させればよい。図 8 は、Al の混晶比 x と、 $1.3 \mu\text{m}$ の波長を保つ為の窒素とインジウムの混晶比の条件との関係を示すものである。図 8 より、例えば、本実施形態のように Al 混晶比 x が 0.05 の場合には、Al を混晶化しない場合に対して窒素混晶比を約 1.36 倍に増加させればよいことがわかる。

本実施形態においては、 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ をクラッド層に $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{As}$ をガイド層に用いた場合を一例にとって説明したが、クラッド層、ガイド層、障壁層は、 GaAs を含む他の Al 混晶比の AlGaAs ならびに、 GaInP 、 InGaAsP 、および AlGaInP など、 $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-j}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$) で表現できる他の材料であっても、井戸層の AlGaInNAs と同じ最適成長温度範囲に最適成長温度があるので、本発明に用いることができる。

(比較例 15)

図 7 中の井戸層 15 を、Al を含まない材料である $\text{Ga}_{0.7}\text{In}_{0.3}\text{N}_{0.01}\text{As}_{0.99}$ で構成し、窒素の取り込みを行う為に成長温度を 500°C として結晶成させたこと以外は実施例 16 と同様にして波長 $1.3 \mu\text{m}$ で発振する半導体レーザを作製した。この場合には、発振閾値は 65 mA 、特性温度は 105 K であり、本発明の実施例 16 の半導体レーザ素子よりも特性の劣ったものであった。これは、井戸層に Al を含まない場合には窒素の取り込みを行う為には結晶成長温度を III-V 族化合物の成長温度としては低い温度にしか設定できなかったことに起因する。これにより、井戸層の結晶性が十分良好でなく、十分な光学利得が得られなかったと考えられる。

図 9 は、井戸層の Al 混晶比が 0.05 である実施形態 16 の半導体レーザと、井戸層の Al 混晶比を 0 、 0.02 、 0.1 、 0.15 、 0.2 、および 0.25 としたこと以外は、実施形態 16 と同様の構成を有する半導体レーザの発振閾値電流をプロットした図である。各半導体レーザにおいては、発振波長を 1.3

μm に保つために、図8の関係に従って窒素とインジウムの混晶比をそれぞれ調節した。なお、Al混晶比が0の素子は、窒素の取り込みを行うために成長温度を500℃として結晶成長させている。

5 一般に砒素化合物に窒素を混晶化する場合、窒素の混晶比の増加に伴って結晶性が急激に悪化する。しかしながら本発明の方法に従って作製された素子では、Al混晶比を0.02~0.20の範囲で作製したものに関して、Al混晶比の増加とともに窒素混晶比も増加しているにもかかわらず、Al混晶比0の素子よりも発振閾値電流の低下が見られた。特に0.02~0.10の範囲では、発振閾値電流が従来の半分以下となり、特に優れた半導体レーザが作製された。一方、
10 Al混晶比xが0.25である素子では、逆に従来よりも発振閾値電流の増加が見られた。図8より、この素子ではAl混晶比0の素子よりも井戸層の窒素混晶比が約3倍に増加しており、窒素混晶比の増加に伴う結晶性の劣化が生じているために素子特性が悪化する結果となった。

15 なお、実施形態16においては、波長1.3 μm で発振する半導体レーザについて説明したが、発振波長は1.3 μm に限定されるものではなく、1.2 μm や1.55 μm など、用途に応じて任意の発振波長を選択することができる。また、ファブリペロー共振器を有する端面発光型半導体レーザについて説明したが、分布帰還型半導体レーザ、分布反射型半導体レーザ、垂直共振器型面発光レーザ、或いは発光ダイオードなども、同様に構成することが可能である。更に、活性層
20 の構成については、圧縮歪を有する歪量子井戸型について説明してきたが、歪の方向や歪の量については、任意に選択することができる。また、バルク活性層であっても、量子細線活性層や量子箱活性層であっても良い。

(実施形態17)

25 上部バリア層および下部バリア層の材料を、GaAs基板に格子整合する $\text{Ga}_{0.51}\text{In}_{0.49}\text{P}$ としたこと、ならびに基板温度を600℃にしたこと以外は実施形態1と同様にして、図1の構造を有する多層膜を作製した。多層膜を成長さ

せて形成する間、基板温度を一定とした。

(実施形態 18)

上部バリア層および下部バリア層の材料を、GaAs 基板に格子整合する ($\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{In}_{0.5}\text{P}$) としたこと、ならびに基板温度を 600°C にした
5 こと以外は実施形態 1 と同様にして、図 1 の構造を有する多層膜を作製した。
多層膜を成長させて形成する間、基板温度を一定とした。

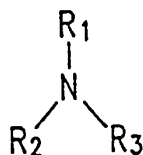
(実施形態 19)

上部バリア層および下部バリア層の材料を、GaAs 基板に格子整合する $\text{In}_{0.43}\text{Ga}_{0.57}\text{As}_{0.2}\text{P}_{0.8}$ としたこと、ならびに基板温度を 600°C にした
10 こと以外は実施形態 1 と同様にして、図 1 の構造を有する多層膜を作製した。多
層膜を成長させて形成する間、基板温度を一定とした。

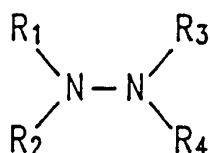
上記の実施形態 17～19 における単一量子井戸において、 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}_{0.015}\text{As}_{0.085}$ 井戸層からのフォトルミネッセンス発光強度は、バリア
層を AlGaAs 層とした実施形態 1～16 と同程度の強度であった。

15 上記全ての実施形態において、Ga 原料、In 原料、Al 原料、および As 原料としては、任意の適切な原料を使用し得る。例えば、Ga 原料としては、金属 Ga、TMGa および TEGa (トリエチルガリウム) などの有機金属化合物、
ならびに GaCl_3 などの塩化物などが挙げられる。In 原料としては、金属 In、
20 および TMI n などの有機金属化合物などが挙げられる。Al 原料としては、
金属 Al、および TMA l などの有機金属化合物などが挙げられる。As 原料と
しては、金属 As から得られる As_4 および As_2 、TMA s (トリメチルアル
シン) などの有機金属化合物、ならびに AsH_3 などの水素化物などが挙げられ
る。

さらに上記実施形態においては、窒素原料としてアンモニアを用いた結果につ
25 いて示したが、Al を含む活性な結晶表面で原料の分解が促進される効果は、



5 で表すことができるアンモニアおよびその有機化合物、または



10

で表すことができるヒドラジンおよびその有機化合物などの他の窒素原料についても同様に得られる。ここで、 R_1 、 R_2 、 R_3 、および R_4 は水素または低級アルキル基である。なお、ラジカル励起された窒素原子を含む窒素化合物を窒素原料を用いても良い。本発明によれば、これらの原料を用いても従来よりも高温で

15 結晶成長させ、窒素原子を効率良く導入することができる。また、供給原料がII族元素としてインジウム（In）、V族元素としてリン（P）を含んでいても良い。特にInは蒸気圧が高く熱的に蒸発しやすい為、AlとInの同時添加は、Inの熱的な蒸発を抑制する効果も同時に有するので都合が良い。

20

上記の実施形態においては、III族元素としてGa、In、およびAl、ならびにV族元素としてAsおよびNを適宜含んだ化合物半導体について示したが、その他のIII族元素（Bなど）、V族元素（SbおよびPなど）、および不純物元素（Zn、Be、Mg、Te、S、Se、およびSiなど）が適宜含まれていても良い。

25

上記全ての実施形態において、基板材料としてGaAsを用いた場合について一例を示してきたが、基板材料はGaAsに限定されるものではなく、別の基板材料を用いても同様の効果が得られる。例えばInGaAs基板などのその他の

III-V族化合物半導体基板、ZnS基板などのII-VI族化合物半導体基板、Ge基板などのIV族半導体基板を用いることができる。

またさらに、上記の実施形態においては、結晶成長の方法についてMBE法およびCBE法について述べたが、MO-MBE（有機金属分子線エピタキシー）法、GS-MBE（ガスソースMBE）法、MOCVD法、ハイドライドVPE法、およびクロライドVPE法などを用いても同様の効果が得られる。

本明細書を通じて、用語「上」は基板から離れる方向を示し、用語「下」は基板へ近づく方向を示すものとする。「下」から「上」の方向へ向かって結晶成長が進行する。

本発明は上記の実施形態に示した結晶組成、バンドギャップ波長、ヘテロ接合の組み合わせに限定されることなく、他の組成、バンドギャップをもつV族元素として窒素（N）と砒素（As）とを両方含むIII-V族化合物半導体混晶の作製に対して適用することが可能であることは言うまでもない。また、本発明は成長層が基板結晶に格子整合する場合に限定されるものではなく、例えば半導体レーザの歪量子井戸構造など、結晶欠陥を誘発するものでなければ格子不整を有する混晶比であっても良い。

産業上の利用可能性

本発明によれば、V族元素の砒素を含むIII-V族化合物半導体に窒素を混晶化したIII-V族化合物半導体材料において、良好な発光特性を有する結晶を作製することができる化合物半導体層の形成方法を提供することができる。より詳細には、AlGaAsなどの最適な結晶成長温度と同じ程度まで成長温度を高くしても、十分な量の窒素を混晶化することができる。従って、半導体レーザをはじめとする発光デバイスの構造を作製するのに都合の良い化合物半導体層の形成方法を提供することができる。さらに、本発明の化合物半導体層の形成方法を化合物半導体装置の製造に適用することにより、優れた特性をもつ化合物半導体装

置が提供される。特に、発光デバイスの発光層として用いるのに十分な結晶性、発光特性を有する化合物半導体膜を得ることができ、発光特性、発光効率、素子寿命に優れたデバイスが得られるようになる。

請求の範囲

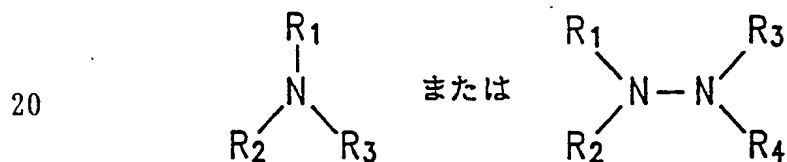
1. 単結晶基板上に、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を包含し、該化合物半導体層を結晶成長
5 させる工程が、

窒素原料がアルミニウムと、少なくとも該化合物半導体層の結晶成長表面で相互作用するように、該単結晶基板上に窒素原料を供給する工程を包含する、化合物半導体層の形成方法。

10 2. 前記化合物半導体層におけるIII族元素中のアルミニウムの混晶比は0.02以上である、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

3. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程は、前記単結晶基板の温度が500℃以上、750℃以下の範囲内で行われる、請求項1に記載の化合物半導体層
15 の形成方法。

4. 前記窒素原料は、



を含み、ここで、 R_1 、 R_2 、 R_3 、および R_4 は水素または低級アルキル基である、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

25 5. 前記化合物半導体層の結晶成長表面におけるV族原子の被覆率は0%より大

きく、50%未満である、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

5 6. 前記単結晶基板上に $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$) からなる層を結晶成長させる工程をさらに包含し、前記化合物半導体層を結晶成長させる工程と、該 $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ からなる結晶を成長させる工程とが、同じ温度下で行われる、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

10 7. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の後に行われる、請求項6に記載の化合物半導体層の形成方法。

15 8. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $\text{Al}_h\text{Ga}_i\text{In}_{1-h-i}\text{As}_j\text{P}_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の前に行われる、請求項6に記載の化合物半導体層の形成方法。

9. 前記化合物半導体層がインジウムをさらに含む、請求項1に記載の化合物半導体層の形成方法。

20 10. 単結晶基板上に、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を包含し、該化合物半導体層を結晶成長させる工程が、

窒素原料とともにアルミニウム原料を同時に該単結晶基板上に供給する工程を包含する、化合物半導体層の形成方法。

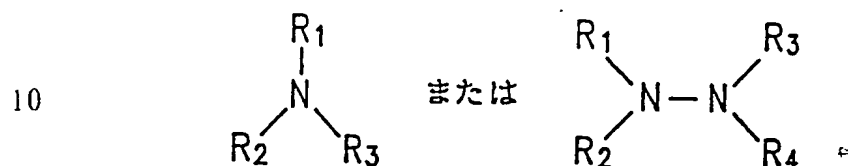
25

11. 前記化合物半導体層におけるIII族元素中のアルミニウムの混晶比は0.

02以上である、請求項10に記載の化合物半導体層の形成方法。

12. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程は、前記単結晶基板の温度が500℃以上、750℃以下の範囲内で行われる、請求項10に記載の化合物半導体層の形成方法。

13. 前記窒素原料は、



を含み、ここで、 R_1 、 R_2 、 R_3 、および R_4 は水素または低級アルキル基である、請求項10に記載の化合物半導体層の形成方法。

14. 前記化合物半導体層の結晶成長表面におけるV族原子の被覆率は0%より大きく、50%未満である、請求項10に記載の化合物半導体層の形成方法。

15. 前記単結晶基板上に $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$) からなる層を結晶成長させる工程をさらに包含し、前記化合物半導体層を結晶成長させる工程と、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる結晶を成長させる工程とが、同じ温度下で行われる、請求項10に記載の化合物半導体層の形成方法。

16. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の後に行われる、請求項15に記載

載の化合物半導体層の形成方法。

17. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}-As_jP_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の前に行われる、請求項15に記載の化合物半導体層の形成方法。

18. 前記化合物半導体層がインジウムをさらに含む、請求項10に記載の化合物半導体層の形成方法。

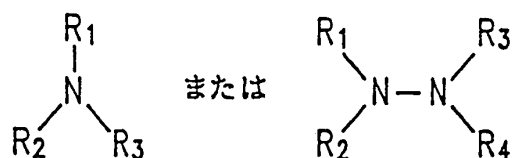
19. 単結晶基板上に、V族元素として少なくとも窒素および砒素を含むIII-V族化合物半導体層を結晶成長させる工程を包含し、該化合物半導体層を結晶成長させる工程が、

該化合物半導体層の結晶表面にアルミニウムを含むIII族原子が露出された状態で、該表面に窒素原料を供給する工程を包含する、化合物半導体層の形成方法。

20. 前記化合物半導体層におけるIII族元素中のアルミニウムの混晶比は0.02以上である、請求項19に記載の化合物半導体層の形成方法。

21. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程は、前記単結晶基板の温度が500℃以上、750℃以下の範囲内で行われる、請求項19に記載の化合物半導体層の形成方法。

22. 前記窒素原料は、



を含み、ここで、 R_1 、 R_2 、 R_3 、および R_4 は水素または低級アルキル基である、請求項19に記載の化合物半導体層の形成方法。

23. 前記化合物半導体層の結晶成長表面におけるV族原子の被覆率は0%より大きく、50%未満である、請求項19に記載の化合物半導体層の形成方法。

24. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程は、アルミニウムを含むIII族原料を供給する工程と、砒素原料を供給する工程をさらに包含し、該III族原料を供給する工程と、前記窒素原料を供給する工程と、該砒素原料を供給する工程とを順に含むプロセスを1回以上繰り返して行われる、請求項19に記載の化合物半導体層の形成方法。

25. 前記単結晶基板が{100}面を主面とする、請求項24に記載の化合物半導体層の形成方法。

26. 前記単結晶基板上に $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0$, $i > 0$, $j \geq 0$) からなる層を結晶成長させる工程をさらに包含し、前記化合物半導体層を結晶成長させる工程と、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる結晶を成長させる工程とが、同じ温度下で行われる、請求項19に記載の化合物半導体層の形成方法。

27. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ からなる層を結晶成長させる工程の後に行われる、請求項26に記載の化合物半導体層の形成方法。

28. 前記化合物半導体層を結晶成長させる工程が、該 $Al_hGa_iIn_{1-h-i}$

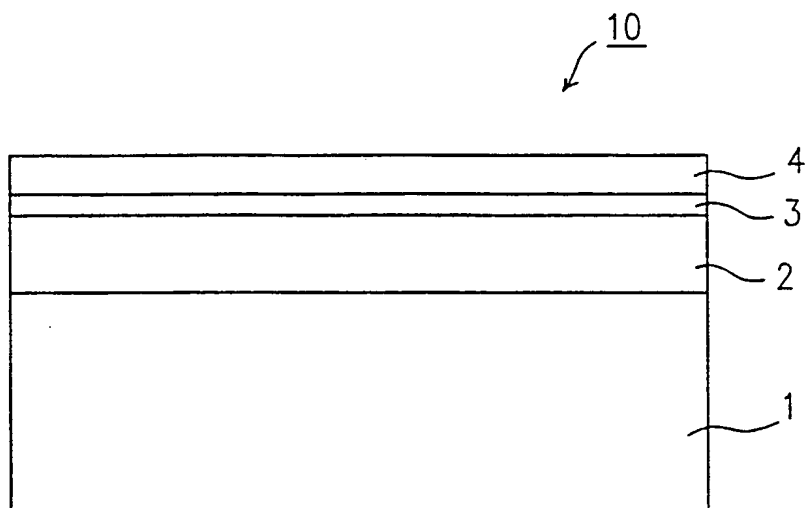
As_jP_{1-j} からなる層を結晶成長させる工程の前に行われる、請求項 26 に記載の化合物半導体層の形成方法。

29. 前記化合物半導体層がインジウムをさらに含む、請求項 19 に記載の化合物半導体層の形成方法。

30. V 族元素として少なくとも窒素および砒素を含む III-V 族化合物半導体層を含む化合物半導体発光素子であって、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N_zAs_{1-z}$ ($0 < x, y, z < 1$) からなる発光層を含み、該発光層における Al の混晶比 x は、0.02 以上、0.20 以下である、化合物半導体発光素子。

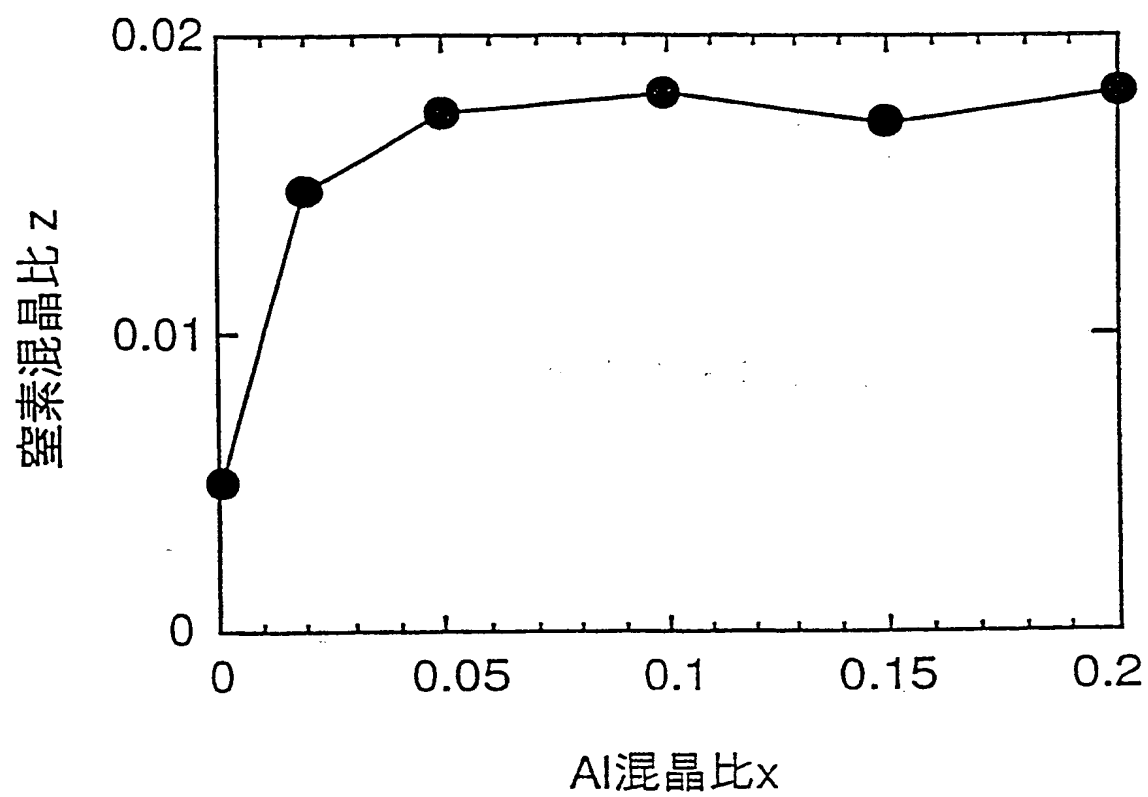
31. $Al_hGa_iIn_{1-h-i}As_jP_{1-j}$ ($h \geq 0, i > 0, j \geq 0$) からなるクラッド層、ガイド層、および／または障壁層をさらに含む、請求項 30 に記載の化合物半導体発光素子。

☒ 1



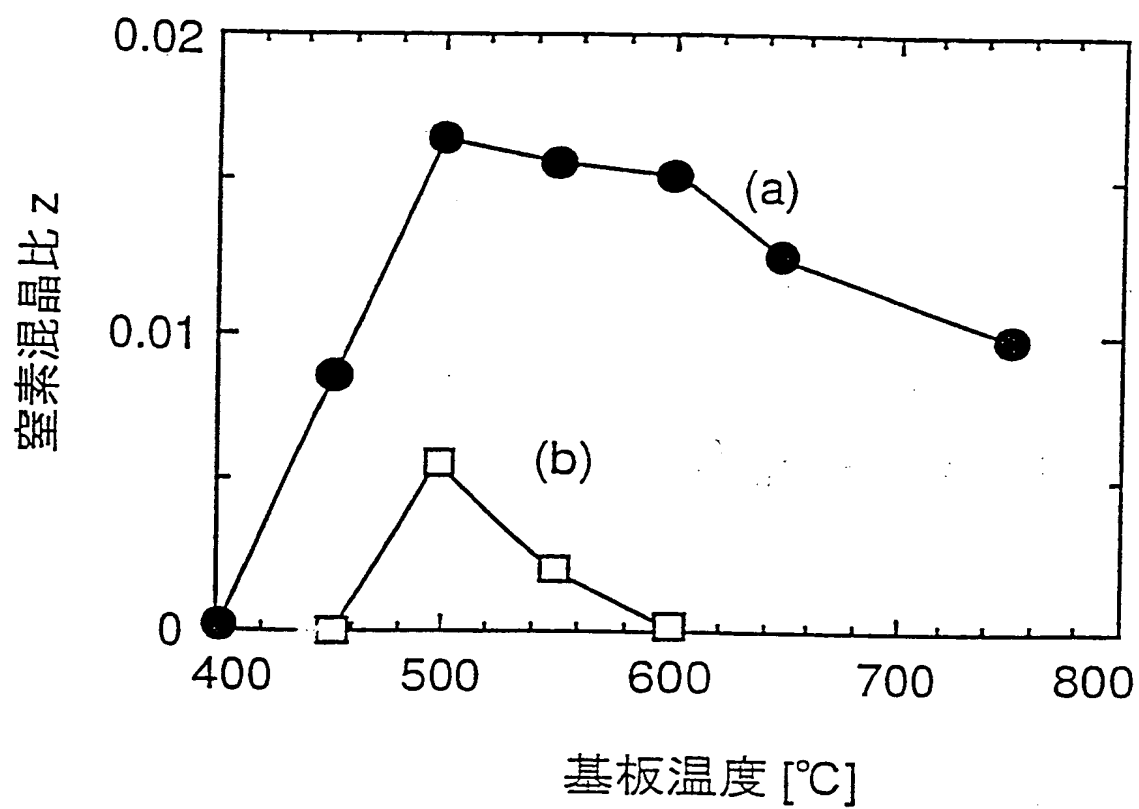
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 2



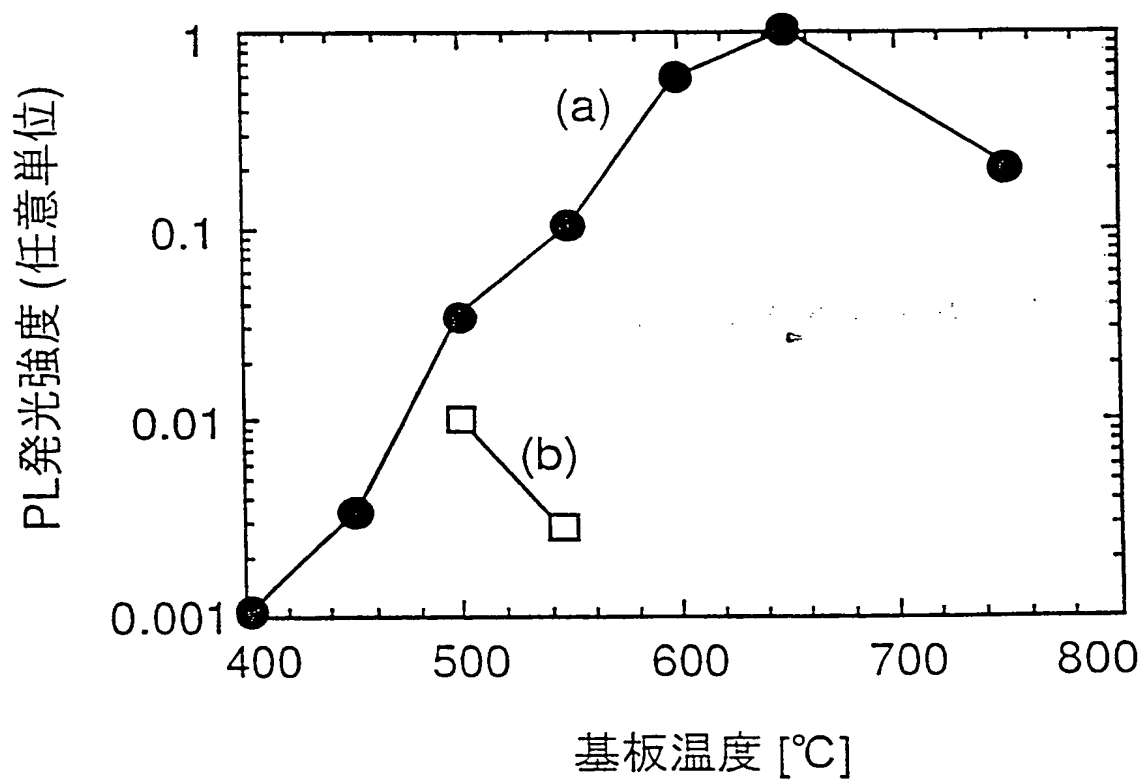
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 3



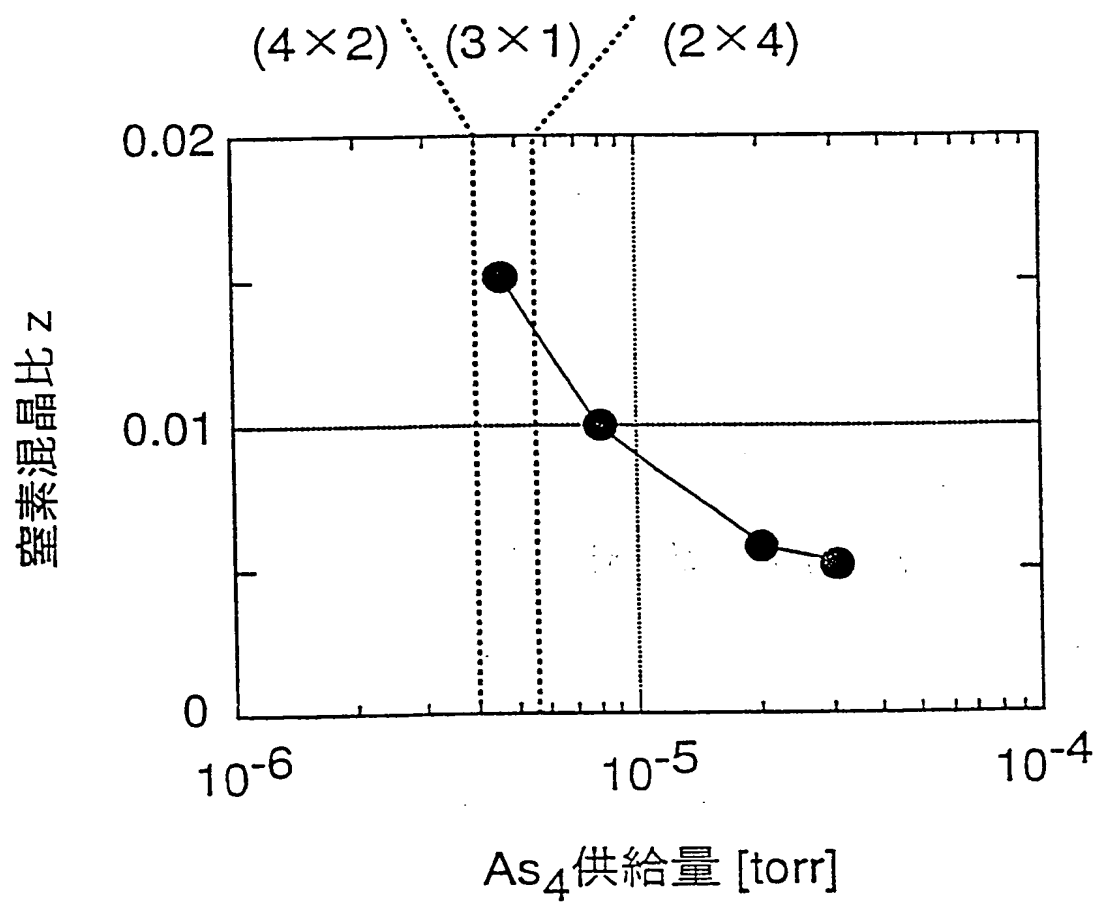
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 4



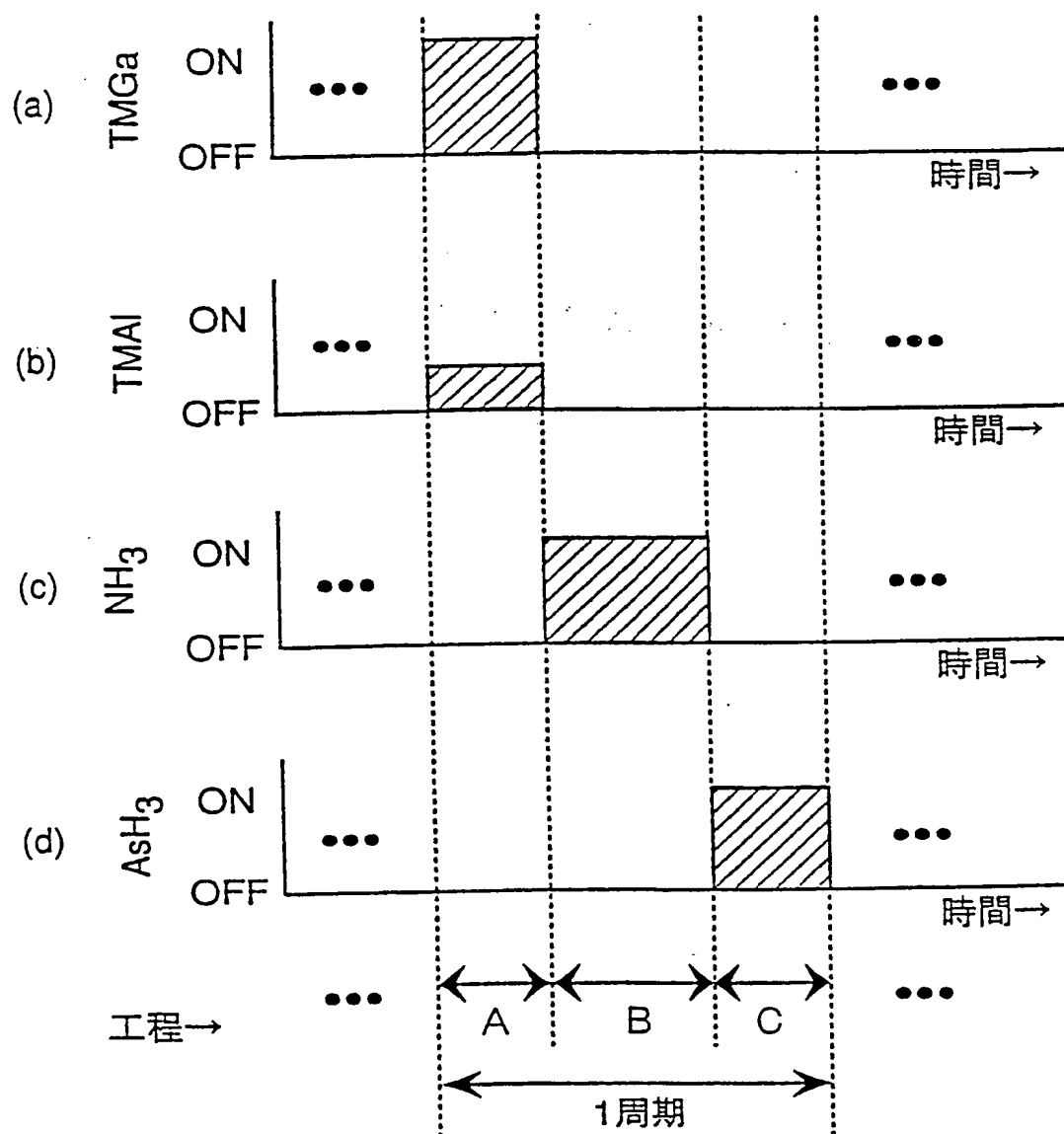
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 5



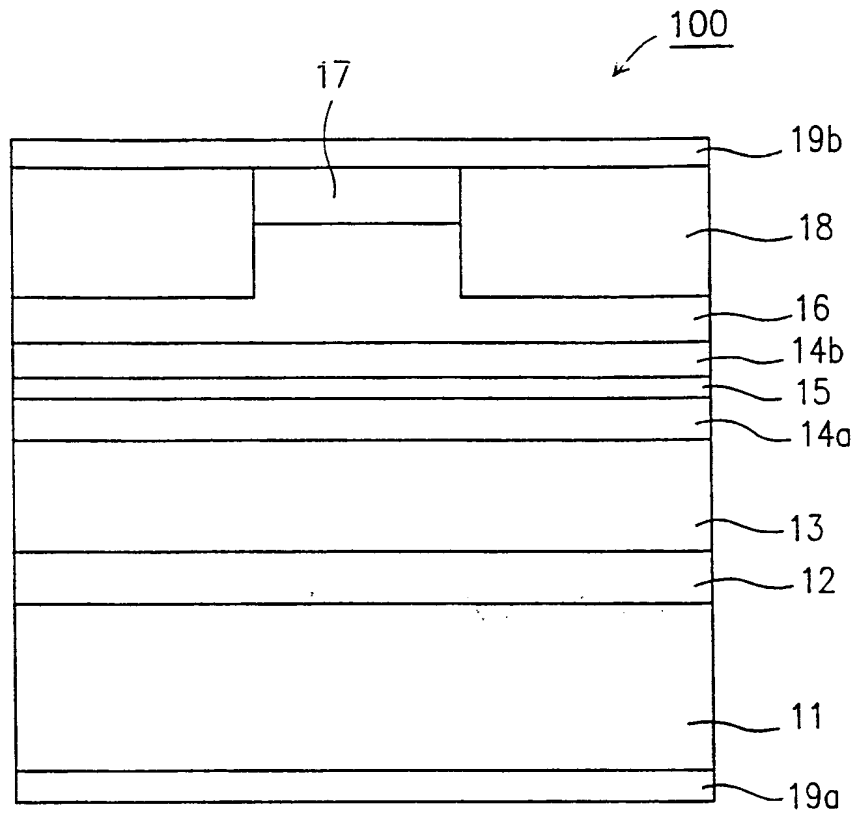
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 6



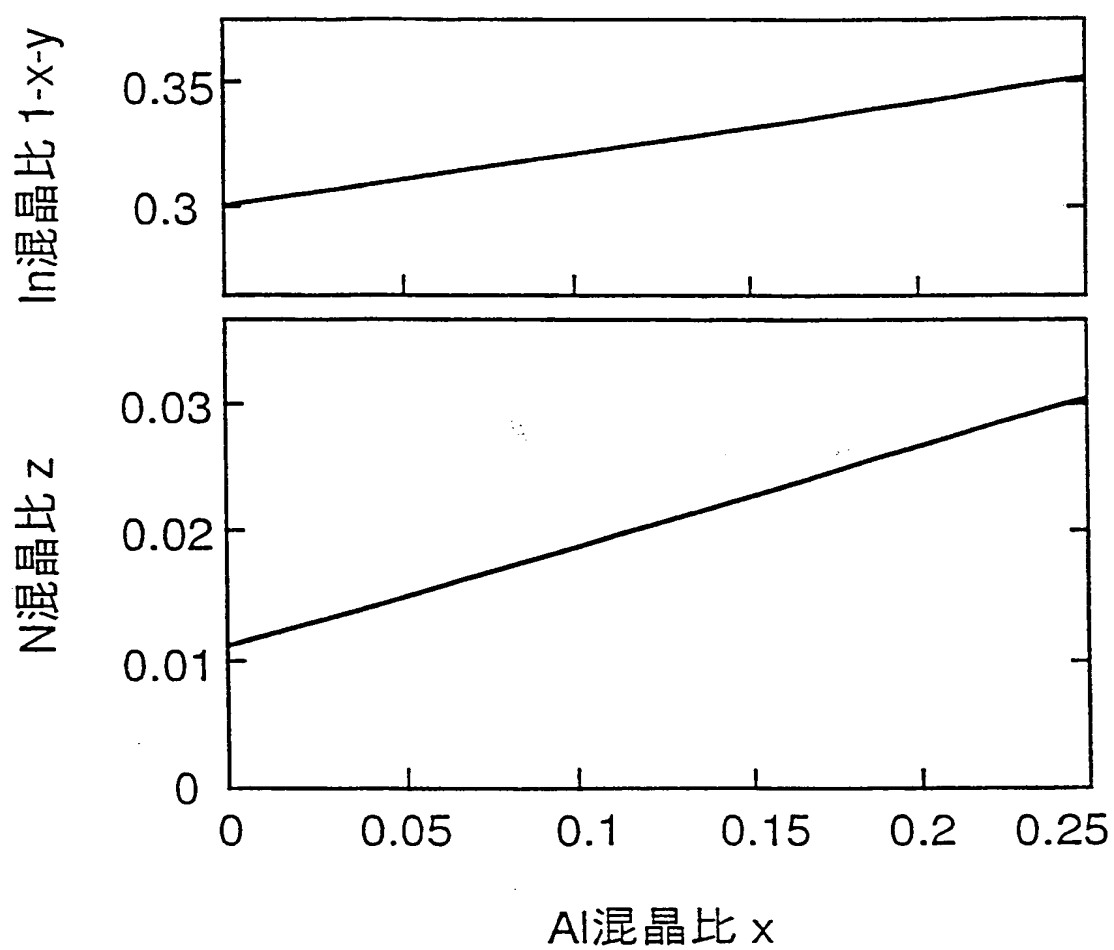
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 7



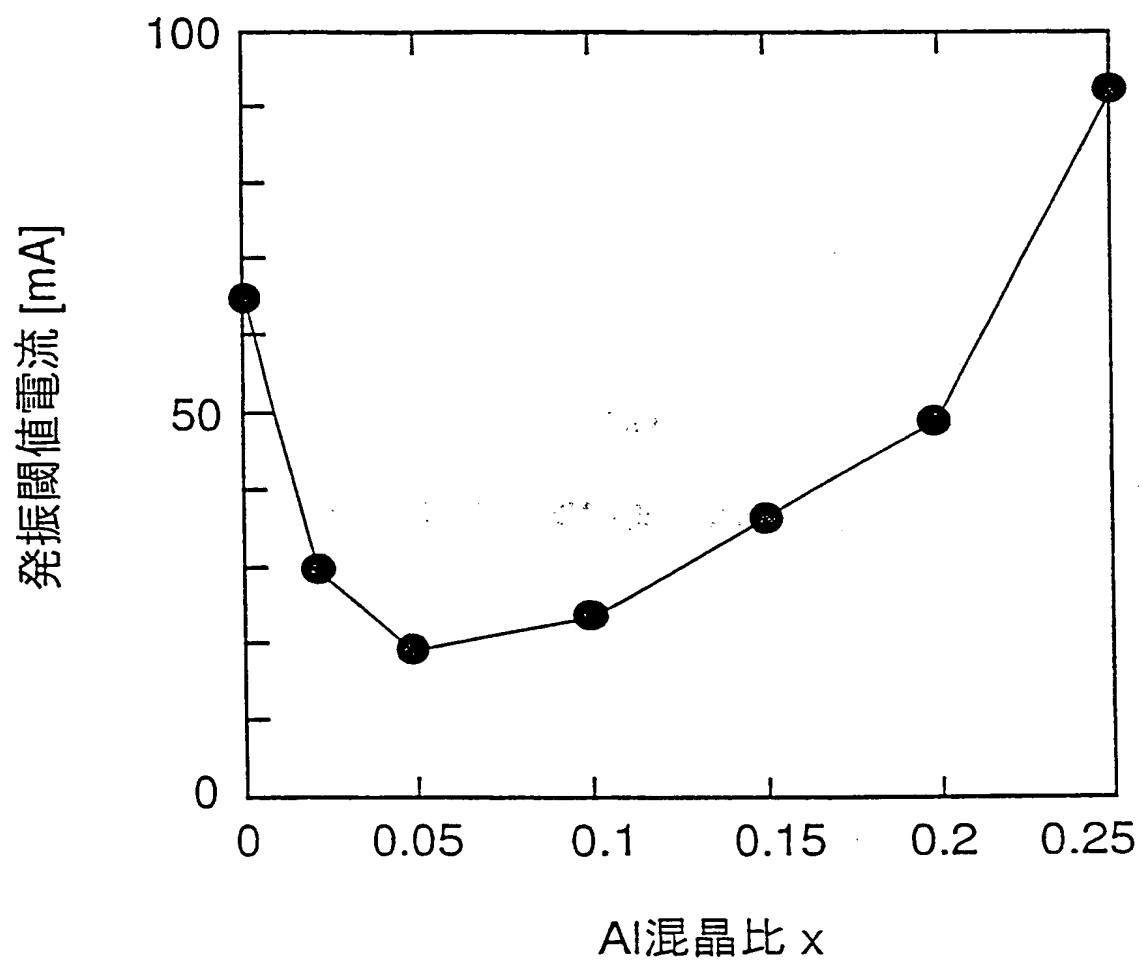
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 8



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 9



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/01952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁶ H01L21/205, H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁶ H01L21/205, H01L33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-1999	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 09-205254, A (Mitsubishi Electric Corp.), 5 August, 1997 (05. 08. 97), All references & DE, 19631132, A & GB, 2309582, A	1-31
A	JP, 07-263744, A (Sharp Corp.), 13 October, 1995 (13. 10. 95), All references (Family: none)	1-31
A	JP, 09-283857, A (Ricoh Co., Ltd.), 31 October, 1997 (31. 10. 97), All references & US, 5904597, A	1-31

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

 Date of the actual completion of the international search
 9 August, 1999 (09. 08. 99)

 Date of mailing of the international search report
 17 August, 1999 (17. 08. 99)

 Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ H01L21/205, H01L33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ H01L21/205, H01L33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-1999年

日本国登録実用新案公報 1994-1999年

日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 09-205254, A (三菱電機株式会社) 5. 8月. 1997 (05. 08. 97) 全文献&DE, 19631132, A&GB, 2309582, A	1-31
A	J P, 07-263744, A (シャープ株式会社) 13. 10 月. 1995 (13. 10. 95) 全文献 (ファミリなし)	1-31
A	J P, 09-283857, A (株式会社リコー) 31. 10 月. 1997 (31. 10. 97) 全文献&US, 590459 7, A	1-31

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09. 08. 99

国際調査報告の発送日

17.08.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

増山 剛

4 R

7726

電話番号 03-3581-1101 内線 3470

THIS PAGE BLANK (USPTO)